



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Raido Raudsepp

**BANDVAGN 206 ALUSRAAMILE HÜDROAJAMI
PROJEKT**
BANDVAGN 206 BASE FRAME HYDRAULIC DRIVE
PROJECT

Bakalaureusetöö
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: lektor Marten Madissoo, *PhD*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool Kreutswaldi 56, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Raido Raudsepp		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Bandvagn 206 alusraamile hüdroajami projekt			
Lehekülgi: 44	Jooniseid: 13	Tabeleid: 2	Lisasid: 8
Osakond: Biomajandustehnoloogia õppetool Uurimisvaldkond: Tehnikateadus T210, masinaehitus, hüdraulika Juhendaja: lektor Marten Madissoo, <i>PhD</i> Kaitsmiskoht ja –aasta: Tartu, 2019			
<p>Metsade kuivendamine muudab meie elukeskkonna kliimat ja liigniiskete metsade kuivendamise vastu on vaja lahendust, et säilitada elamiskõlblik kliima. Turul olemas olevad metsamasinad on väikese efektiivsusega või lõhuvad metsa aluspinda, kuna raskusjõud maapinnale on suur. Suured masinad on üsna tööstuslikud ning hind kõrge.</p> <p>Eesmärgiks on projekteerida olemas olevale roomikutega alusraamile BV 206 võimalikult kompaktne ja kerge hüdrauliline veomehhanism. Hüdrauliline vedu annab eelise liigutada mõlemat roomikut erinevalt ja vähendab pöörderaadiust. Hüdrauliliste komponentide valikuks oli vaja teha arvutusi, et näha palju läheb kaduma sisepõlemismootori väljundvõimsusest kuni veetava veorattani. Arvutatakse komponentide ühendamiseks vajalike hüdrovoolikute läbimõõdud ning õlimahuti mahutavust nõnda suureks, et õlitemperatuur ei tõuseks üle ettenähtud piiri.</p> <p>Hüdromootori kinnitusele, millega mootor kinnitatakse alusraami külge, tehti paindetugevuse arvutus, et leida, milliste mõõtmetega kinnituse U-tala valmistada detail paindumise vältimiseks.</p> <p>Masina lõpplahendust ei valmistatud, kuna masina ehitamiseks puuduvad finantsilised vahendid vajalike detailide ostmiseks. Jõumomendi katsete tegemiseks kasutati olemas olevaid hüdroseadmeid.</p>			
Märksõnad: roomik, hüdromootor, pöörderaadius, metsamasin			

Estonian University of Life Sciences Kreutswaldi 56, Tartu 51014		Abstract of Bachelor’s Thesis	
Author: Raido Raudsepp		Speciality: Production Engineering	
Title: Bandvagn 206 base frame hydraulic drive project			
Pages: 44	Figures: 13	Tables:2	Appendixes: 8
Department: Chair of biosystems engineering Field of research: Technological sciences T210, mechanical engineering, hydraulics Supervisor: Marten Madissoo, <i>PhD</i> Place and date: Tartu, 2019			
<p>The drainage of forests is the climate of our living environment and a solution is needed to drain the bog forests. The existing forest machines on the market have low efficiency or break down the forest base on the surface as the pressure on the surface is high. Large machines are quite industrial and the price is high.</p> <p>The aim is to design a compact and lightweight hydraulic drive mechanism for the existing Bv 206 frame. Hydraulic transport provides the advantage of moving both tracks differently and reducing the turn radius. For the selection of hydraulic components, it was necessary to make calculations to see how much of the output of the internal combustion engine is lost to the towed drive wheel. The diameter of the hydraulic hoses required to connect the components and the capacity of the oil reservoir are calculated so high that the oil temperature does not exceed the prescribed limit.</p> <p>Flexural strength calculations were made on the hydraulic motor mount to see the dimensions of the U-beam to prevent the material from bending.</p> <p>The machine was not completed because there wasn’t financial means to purchase the necessary parts to build the machine. Some of the tests were carried out using hydraulics parts found at home.</p>			
Keywords: hydraulic drive, tracks, forest machine			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
1. TURU-UURING	7
1.1. Raudhobu.....	7
1.2. Prinoth Raptor 300R.....	8
1.3. Terri 34c	9
1.4. TDT-55	10
2. ANALÜÜS	11
3. HÜDROSEADMED.....	13
3.1. Hüdroüsteem	13
3.2. Suunaventiilid.....	13
3.3. Hüdropumbad	14
3.3.1. Kolbpump	14
3.3.2. Hammasrataspump	14
3.3.3. Labahüdropump.....	15
3.4. Hüdro mootorid	16
3.4.1. Aksiaalne kolbmootorid	16
3.4.2. Hammasratasmootorid.....	17
3.4.3. Radiaalkolbmootorid	18
3.5. Muud komponendid.....	18
4. ERINEVAD ÜHENDUSVIISID.....	20
5. HÜDRAULILISE VEOMEHCHANISMI PROJEKTEERIMINE	21
5.1. Alusraam.....	21
5.2. Jõuallikas	22
5.3. Hüdro mootori valik	22
5.3.1. Jõumomendi arvutus.....	22
5.3.2. Radiaalkolbmootor	23
5.3.3. Aksiaalkolbmootor	24
5.4. Hüdropumba arvutused.....	25
5.4.1. Radiaalkolbpumba järgi hüdropumba arvutus.....	25
5.4.2. Aksiaalkolbmootori järgi hüdropumba arvutus	27
5.4.3. Hüdropumba ja -mootori valik sisepõlemismootori järgi	28
5.5. Hüdraulika juhtimine.....	29

5.6. Torustiku arvutamine.....	30
5.7. Hüdraulika lisaseadmed.....	31
5.7.1. Õlipaak	31
5.7.2. Õlijahutus radiaator	31
5.7.3. Drossel, ülerõhuklapp ja filter	32
5.8. Ühendusskeem.....	32
6. KINNITUSTE PROJEKTEERIMINE	34
6.1. Pumba ja mootori vaheline ülekanne.....	34
6.2. Flantsid	34
7. MAJANDUSLIK OSA.....	36
8. MASINA KATSETAMINE.....	38
KOKKUVÕTE	41
KASUTATUD KIRJANDUS	42
SUMMARY	44
LISAD	45
Lisa A. Hüdraulikaskeem	46
Lisa B. Tehnilised joonised	47

SISSEJUHATUS

Eestis on üsna suur osa pindalast kaetud metsaga ning osa metsast on liigniiske pinnasega maa-alal. Probleemiks soise pinnasega metsaomanikele on maapind, kuhu ei pääse ligi isegi talvel, sest lumi tuleb peale ja maapind ei külmu alt ära. Selle vastu enam levinud lahendus on kuivenduskraavide rajamine. Viimasel ajal on soode kuivendamine võtnud vastupidiseid mõõtmeid ehk rajatakse soosid, mitte ei kuivendata neid. Kuivenduskraavide tegemiseks tuleb palju metsa ka maha võtta, sest pinna teisaldamiseks on ruumi vaja. Soode kuivendamine muudab kliimat ja selle vastu rakendatakse meetmeid.

Kuivendamise vastu loodetakse leida lahendust sellega, et projekteeritakse masin, mis ilma suuremat metsa kahjustamata saab sõita soisel pinnasel.

Eelpool mainitust tulenevalt on lõputöö teema roomikutega alusraamile BV 206 hüdraulilise veomehhanismi projekt, sest töö autori talumets asub soisel pinnasel ja puidu kätte saamine on muutunud keerukaks.

Eesmärgiks on alusraamile BV 206 projekteerida ja valmistada võimalikult kompaktnel ning kerge hüdrauliline lahendus, mis tagaks hea pöörderaadiuse ja saavutaks võimalikult väikese masina rõhumisjõu maapinnale.

Veomehhanismi koostamisel kasutatakse hüdraulilisi komponente, kuna see võimaldab masinat pöörata kohapeal 360°, metsa aluspinda lõhkumata. Eesmärgi saavutamiseks püstitati ülesannete loend:

1. Tutvuda olemas olevate masinatega.
2. Masina funktsiooni elementide valik.
3. Arvutada masina hüdroelementide suurused.
4. Koostada joonised.
5. Katsetada.

Täites kõik antud punktid valmib lõpptulemusena masin, millel on väike survejõud maapinnale ning hea pöörderaadius. Masin peaks olema võimeline sõitma koormaga soisel pinnasel.

1. TURU-UURING

1.1. Raudhobu

Lennartsfors on raudhobu tootja ja arendaja. Raudhobu on mõeldud töötamiseks kohtades, kuhu ligi rasketehnikaga ei pääse ligi. Lisavarustuseks on platvormile paigaldatavad vints, metsatõstuk, erinevat sorti kastid ja haakeseaded käru jaoks. Mudeli valikus on kolme erineva kubatuuriga mootorid 9 ja 13 hj Honda väikemootorid. Jooniselt (joonis 1.1.) on näha mootori ja juhtkangi asetust. [4]



Joonis 1.1. Lennartsfors raudhobu [21]

Raudhobu juhitakse juhtkangiga, mida saab liigutada masina ees olles, kui ka platvormilt. Juhtkang koosneb gaasist, pidurist ja reverseerimise kangist. Masina veoajamiseks on

variaator ning diferentsiaal pööramise lihtsustamiseks. Paigaldatud on diferentsiaalilukk, masina parema läbitavuse saavutamiseks. Pööramiseks pidurdatakse ühte või teist poolt. Pidurdamine toimub mehaaniliselt trossidega. Masina massiks on 330- 450 kg. Kandevõime kuni 700 kg. Mõõtmeks 1780 mm pikk, 1080 mm lai ja 1560 mm kõrge. Maksimaalne sõidukiirus on 9 km/h. [4] Raudhobusid Eestis on üsna vähe kasutuses, kuid mõningaid eksemplare on metsades liikumas. Eestis edasimüüjaks on Autra OÜ.

1.2. Prinoth Raptor 300R

Raptor 800 on mõeldud multsimisoperatsioonide tegemiseks raskel maapinnasel. Masin kaalub ilma multserita 20750 kg. Maapinnale rõhuvjõud on 420 g/cm^2 , seega saab masinaga ligi väga pehmetesse kohtadesse, näiteks raba. [5] Masina välimust on kujutatud joonis 1.2.



Joonis 1.2. Vösapurustaja Raptor 300R [5]

Masinal kasutatakse kummist linte, millega saab sõita ka mööda asfaldi. Mootorina kasutatakse CAT C18 mootorit, millel on 470 kW võimsust. Maksimaalne liikumiskiirus on 7,5 km/h. Veoajamina kasutatakse Bosch Rexroth hüdmootoreid- ja pumпасid. Käigukasti osa täidavad PMP- firma planetaarkäigukastid. Sõitmist juhitakse *joystick*uga. Masina mõõtmed: laiuks on 2600 mm, pikkus 4500 mm, kuid lisaseadmega ulatub see kuni 7000 mm, kõrgus masinal 3130 mm. [5] Masin on võrdlemisi pikk arvestades, et ilma tööseadeldiseta on masinal ainult mootor, veomehhanism ja kabiin.

1.3. Terri 34c

Terri 34c on metsaväljaveo masin, millel on rõhujõud maapinnale 460 g/cm². Masina jõuallikaks on mootor CAT C3.4B, millel on 55,4 kW. Masinale saab paigutada erineva suurusega palgitõstukeid. Kabiinist vaade on 360°C ehk kõikides suunades, mis annab hea ülevaate tervest töötamisalast. Kolmerattaline balansiir töötab vedrustusena. Masinat on kujutatud joonisel (joonis 1.3.). [6]



Joonis 1.3. Terri 34c metsaväljavedaja [6]

Masinal on hüdrostaatiline käigukast kahe kiirusega, mis võimaldab liikumiskiirust kuni 15 km/h. Masinal on peal Danfoss juhtimisseadmed ja hüdrauliline süsteem. Masina massiks on 5500 kg ja kandevõime 3000 kg. Masina laius on 1900 mm, 2900 mm kõrge ja pikkuseks 6000-6750 mm. [6] Seda sorti masinaid kasutatakse tänapäeval palju, kuid üldjuhul on masinad suuremad ja raskemad.

1.4. TDT-55

TDT-55 on toodetud Onega traktori tehases 1966-2003 aastal. Masin on tehtud suurte puude väljatõmbamiseks rasketest oludest sõltumata. TDT-55 kasutab neljasilindrilist SMD-18N-01 mootorit, millel on 70 kW ehk 95 hj. Masina lahendus on joonisel 1.4. [7]



Joonis 1.4. TDT-55 ehk metsapull [8]

Transmissioonina on kasutusel topelt siduri süsteem, kus kangi abil saab vabastada ühe poole veost. Lisaks vabastamisel on süsteemil ka pidur, mis rakendub siduri vabastamisel ehk sidur lahti, pidur peale. Sidur koosneb paljudest friksioonkattega ja metallist ketastest, mis surutakse kokku sidurikorviga. Enamasti on terve siduri osa õli sees. Käigukastil on 5 edasi ja 1 tagurpidi käik. Masina kaalub 9200 kg ning maksimaalseks kiiruseks on 12,8 km/h. Masina pikkuseks on 5800 mm, laiuseks 2357 mm ning kõrguseks 2560 mm. [7] Masin leiab kasutust tänapäeval teiste masinate abistamisel, mis on kuhugi kinni jäänud. Kasutatakse nii põllumajanduses kui ka metsas.

2. ANALÜÜS

Töö alguses tehtud turu-uuringu seadmeid saame võrrelda ja analüüsida projekteeritava masinaga, et leida olemasolevate masinate puudused.

Võrreldes Lennartsfors raudhobusega on projekteeritaval masinal suurem tõmbevõime, seega on võimalik tuua metsast korraga rohkem puid välja. Raudhobusel puudub kabiin ja lisaks peab juht kõndima ees, mis on väga ebamugav pori ja paksu lume korral.

Prinoth on võrreldes projekteeriva masinaga väga sarnane. Olemas on kabiin, hüdrauliline veoajam, väike rõhumisjõud maapinnale. Masina puudusteks on puude veoks vints ja masin on võrdlemisi pikk. Masin on vaja metsatööde jaoks ümber ehitada, et see metsa väljaveomasinaks sobiks.

Terri 34c on väike metsaväljaveo masin. Veomehhanism on sarnane projekteeritava masinaga. Terri erisus on kahest alusvankrist raam, mida saab üksteise suhtes liigutada hüdrosilindritega nõnda, et pööramiseks pole vaja hüdmootoreid eraldi erisuunaliselt juhtida. Seda ei saa projekteeritaval masinal kasutada, kuna kasutatakse ainult ühte alusraami. Terril on olemas vintsi asemel tõstuk, mis on porisel ajal väga kasulik, kuid see lisab masinale palju raskust juurde. Masin muutub puude peale tõstmisega raskemaks ning masina raskusjõud pinnale suureneb. Lisaks on masina pikkus manööverdamiseks on väga suur 6- 7 meetrit. Masina pluss on see, et juht ei pea soojust kabiinist väljuma puude peale ja mahalaadimiseks.

TDT-55 ehk metsapull on tundud oma hea läbivuse ja tugeva vintsiga. Masin on üks algmõtte aluseks projekti loomiseks, kuid selle masina miinuseks on terasest roomikud, mis kaaluvad rohkem kui kummiroomikud. Lisaks on teras roomikul palju lülisid, mis võivad puruneda. Remondi seisukohalt on odavam, kuid töömahukam vahetada teras roomikuid. Kummiroomikul tuleb purunemise korral terve roomik välja vahetada. Masina transmissiooniks kasutatakse käigukasti, et suurendada kasutegurit. Puuduseks on sellel variandil mitte sujuv ja ebaühtlane liikumine, kuna peab vahepeal käike vahetama. Masina pööramisel kasutatakse sidureid, mis ei ole parima pööramisraadiusega. Projekteeritaval masinal saab roomikuid liigutada vastassuunaliselt samal ajal, kuid TDT-55 saab liigutada ühes suunas mõlemat või ainult ühte poolt pööramiseks. Linte erisuunas pöörata pole võimalik. Masina kogukaal on suurem projekteeritava masina omast. Plussiks on liigutatav

tagumine plaat, mille peale saab puuotsad tõmmata ja lisaks saab plaati kasutada ankruna tõmbamisel.

Tabel 2.1. Analüüs projekti ja olemas olevate masinate vahel

	Lennartsfors raudhobu	Prinoth Raptor	Terri 34c	TDT-55	Projekt
Mootor, kW	6,7; 9,7	470	55,4	70	29
Kiirus, km/h	9	7,5	15	12,8	8,5
Mass, kg	330-450	20750	5500	9200	2800
Raskusjõud, g/cm ²	153	420	233,8	448,67	112,90
Kandevõime, kg	700	-	3000	9600	1200
Veoajam	Variaator	Hüdraulika	Hüdrostaatiline	Käigukast	Hüdraulika
Mõõtmed	1780x 1080x 1560	7000x 2600x 3130	6700x 1900x 2900	5800x 2357x 2560	4000x2500

Projekteeritav masin on turul olevate masinatega sarnane, kuid kõigil on puudu mingi tähtis osa. Masina projekteerimisel kasutatakse teiste masinate häid omadusi, et saavutada parem tulemus. Autori arvates on masina loomine õigustatud.

3. HÜDROSEADMED

3.1. Hüdrosüsteem

Hüdrosüsteemi tööpõhimõtte seisneb mehaanilise energia muundamises hüdrauliliseks. Energia muundatakse hüdropumba abil. Energiakandjaks on hüdrauliline vedelik ehk hüdroõli. See energia kantakse läbi voolikute hüdmootorisse või -silindrisse, kus sellega tehakse tööd ehk muudetakse tagasi mehaaniliseks energiaks. [18]

Tähtsaim osa selles süsteemis on hüdrovedelik, mis peab vastama teatud tingimustele, et sellisel muundamisel üldse oleks mõtet. Seega kasutatakse hüdraulilist õli, mis on mõeldud selle ülesande täitmiseks ning seeläbi saavutatakse kõrgem kasutegur.

3.2. Suunaventiilid

Suunaventiil ehk hüdrojagaja on mõeldud hüdraulika vedeliku juhtimiseks. Suunaventiili sees liigutatakse suunajat, mis suunab hüdraulilist vedeliku teise kanalisse, mis on ühendatud silindri või mootoriga. Samal ajal avatakse jagaja sama sektsiooni teise poole tagasivooluks. Suunaventiile on kolme sorti: kolbsiibriga ventiil, klappventiil, siiberventiil plaadiga. [26]

Kolviga siiber-ventiilid kasutatakse kõige rohkem, kuna neid on lihtne konstrueerida ja voolamisel on kadu väike. Siiberventiiliks on kolb, milles on kaks või enam rõngaskanalit [26]. Suunaventiile rõngasavade järgi liigutatakse 2/2, 3/(2,3), 4/(2,3), 5/(2,3) [1: 404]. Siibri asendit muutes saab näiteks liigutada ühendatud silindrit välja või sisse poole.

Suunaventiilide juhtimiseks on erinevaid võimalusi. Juhtida saab käsitsi, mehaaniliselt, rõhuga, elektriliselt ja kombineeritult. Käsitsijuhtimisel on võimalik kasutada surunupp, kang, tõmbenupp, pedaali. Mehaaniliste lülituste alla kuuluvad vedru, rullikuga surunupp ja pneumaatiliselt. [1: 404]

Elektrilisel juhtimisel on valiku võimalusi mitu, kuid tuntumad on solenoid ning servojuhtimisega. Solenoid juhitavaid suunaventiile kasutatakse enamasti on/off klapina, kuid on olemas proportsionaalne solenoid suunaventiil, mida juhitakse elektriliselt ning

solenoidi avatus oleneb vastas poolel olevast vedru survest. Mida suurem on vool seda suurem on surve vedrule ja klapp rohkem avatud. Servoventiilil on juhtimine klappiga, mida liigutatakse mootori ja magnetite abil paremale või vasakule. Tagasiside toimub lehtvedru abil. [23]

Suunaventiilide üheks tähtsamaiks omaduseks on läbilaskevõime liitrit minutis. Teisena peab valiku tegemisel arvestama, kui suurt rõhku hüdropump tekitab. Läbi nende kahe omaduse valitakse sobilik suunaventiil.

3.3. Hüdropumbad

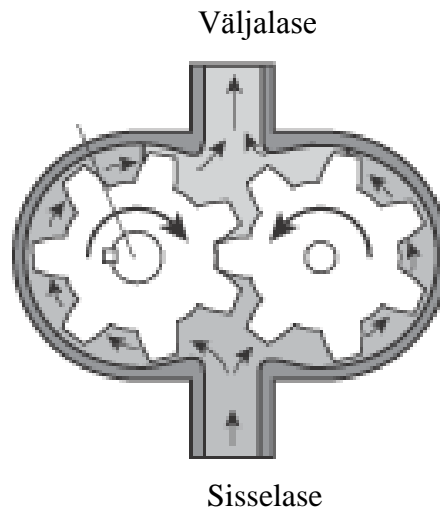
3.3.1. Kolbpump

Valida on võimalik fikseeritud või muudetava kolbide plaadi asendiga kolbhüdropumpade vahel. Kolbpumpade maksimaalne rõhk on 450 bari. Normaalarõhu juures on pöördemoment vahemikus 24,7 kuni 5570 N·m. Muudetava asendiga kolbpumpadel saab kolbide plaadi asendit muuta 90°, seega saab asendit muutes panna vedeliku tagurpidi voolama. Kolbpumba põhiosa on poleeritud sisepinnaga silinder, milles liigub edasitagasi kolb. [10]

Üldjuhul on kolbe 2 või rohkem. Kolbe pööratakse jõuallika poolt (mootor). Pooled kolvid pöörates tekitavad rõhku, samal ajal ülejäänud kolvid tõmbavad vedeliku, mis surutakse tagasi hüdromootori poolt, kuna kõik kolvid on ühendatud ühise metallplaadi külge.

3.3.2. Hammasrataspump

Hammasrataspumpade valikul on kaks varianti: välishambumisega või sisehambumisega pumbad. Mõlema pumba töö rõhk on kuni 280 bari. Töömaht ulatub kuni 200 cm³. Vastupidavad ja pika hooldusajaga. Kõige levinumad on välishambumisega pumbad (joonis 3.1). [12]

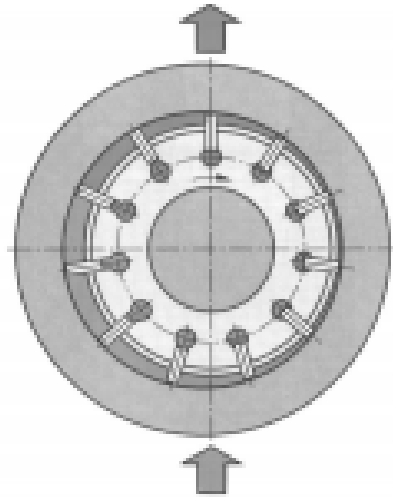


Joonis 3.1. Hammasrattaspumba tööpõhimõte [9]

Pumbas on kaks ühesuurust hambuvat hammasrattast. Ühte neist veetakse ja teine on vabajooksuga. Vedelik viiakse läbi hammaste ja korpuse imemis- või pealejooksu poolt survepoolele. [12] Lekete vähendamiseks sobitatakse hammasrattad tihedalt korpusesse ning korpuse otstesse tihendid.

3.3.3. Labahüdropump

Labapumpasid on kaks tüüpi: ühepoolised (joonis 3.2) ja kahepoolised. Mõlema põhikomponentiks on rootor koos labadega. Labad liiguvad rootoris radiaalsuunaliselt ning labasid surub vastu keret vedru või muu vetruv mehhanism. Erinevus seisneb staatori kujus, mis piirab labade liikumisulatust. [12]



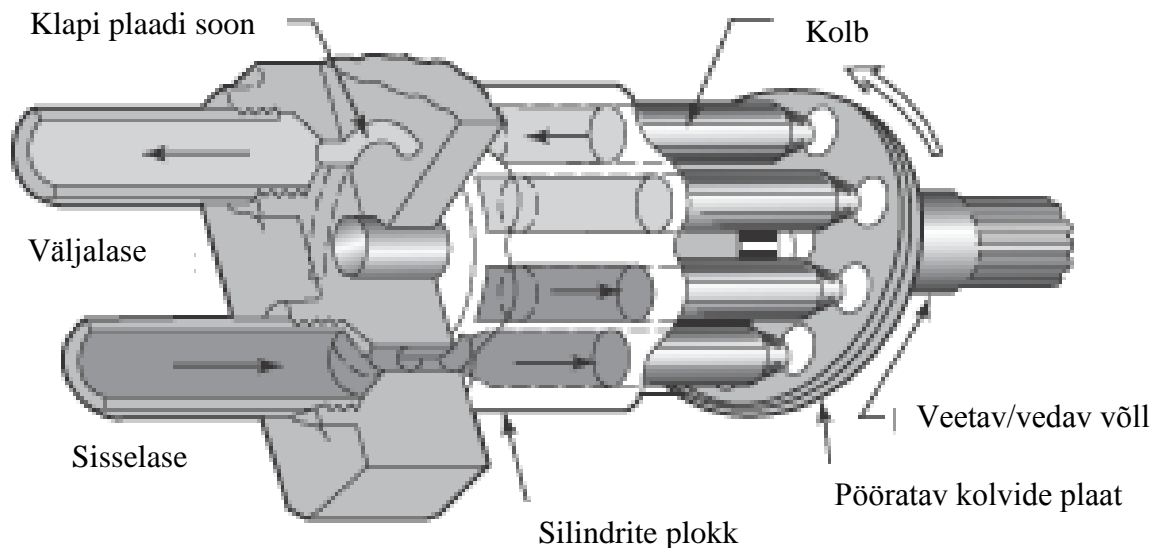
Joonis 3.2. Laba pump [12]

Kahepoolse pumba korpus on seest poolt ellipsikujuline ning laba teeb rootori pöörde jooksul kaks korda tööd [12]. Survekamber sisaldab rootorit, kahte või enamat laba ja kere sisepinda, mida mööda liigutatakse labasid.

3.4. Hüdromootorid

3.4.1. Aksiaalne kolbmootorid

Aksiaalne kolbmootorite valikus on fikseeritud ja muudetava kolbide plaadi asendiga hüdromootorid. Kolbpumba tööseadis (joonis 3.3.) koosneb tavaliselt kolbide kinnitusplaadist, kolbide ja silindriblokist, kus kolvid sees liiguvad ning survet tekitavad. Surveplaat on kinnitatud veovõllile. Hüdraulika vedelik pool ajast survestab kolbe ning teine pool suruvad kolvid väljalaskeava kaudu vedelikku välja. [9]



Joonis 3.3. Muudetava asendiga kolbmootori sisemus koos selgitusega [9]

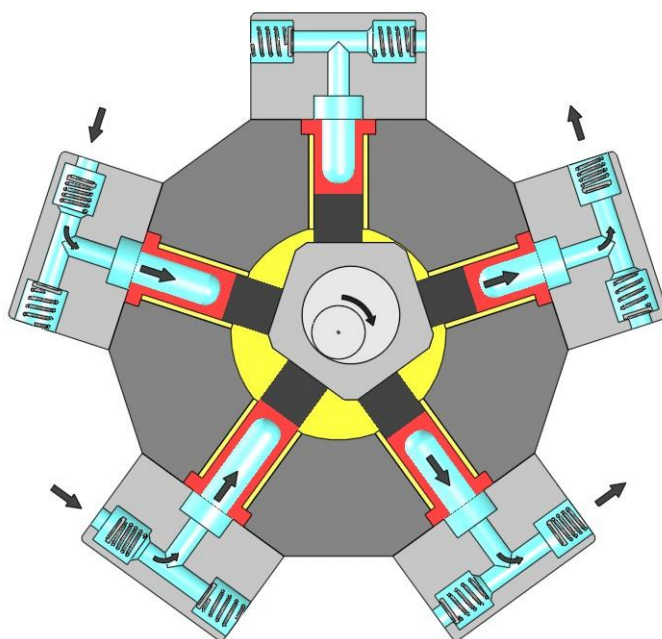
Kolbmootorite töö rõhk on üldiselt 5-400 bar. Maksimaalne rõhk teadud kolbmootoritel on kuni 500 bari. Normaalse rõhu juures kolbhüdmootoril on pöördemoment 20 kuni 5570 Nm. [11] Kolbmootori sisu ja tööpõhimõtte on sama nagu kolbpumpadel, kuid mootoritel saab kolvide plaati pöörata vaid 45 kraadi.

3.4.2. Hammasratasmootorid

Hammasratasmootoreid on valikus kolm: välishambumisega, sisehambumisega või gerootormootor. Sisehambumisega hüdmootoritel on sisemine hammasratas väikesem ning lahtises pooles on hammasrataste vahel lisa metalltükk, mida mööda hammasratta tippud liiguvad [9]. Gerootori põhimõte on sarnane sisehambumisega hüdmootoriga, kuid hammasrattad on pidevalt kontaktis sellise tihedusega, et hammasrataste vahel lisametalli pole vaja. Töö rõhk jääb umbes 250 bari juurde [11]. Kõige levinumad on välishambumismootorid. Pumbas on kaks ühesuurust hambuvat hammasrattast. Ühte neist veetakse ja teine on vabajooksuga. Vedelik viiakse läbi hammasrataste ning korpuse vahelt imemis- või pealejooksu poolt survepoolele. Tagasivoolu vältimiseks sobitatakse hammasrattad tihedalt korpusesse.

3.4.3. Radiaalkolbmootorid

Radiaalkolbmootorite tööpõhimõte seisneb ekstsentrilises peavõllis, mida survega liigutatakse järjest edasi. Hüdroõli juhtimine silindrisse toimub jaotusploki abil. Jaotusplaat pöörleb sama kiirusega nagu mootori telg. Kolvid ülesse liikudes suruvad ekstsentrikut endast eemale ja kolvi alla liikumiseks kasutatakse ekstsentriku pöörlemisjõudu. [9]



Joonis 3.4. Radiaal kolbmootor [19]

Radiaalkolbmootorite maksimaalne rõhk on kuni 470 bari. Maksimaalne pöördemoment 3000 kuni 19000 N·m olenevalt ehitusest ning kiirus kuni 600 p/min [11]. Pöördemoment on küll suur, kuid kiirus on üsna väike.

3.5. Muud komponendid

Hüdraulika komponentide ühendamiseks on võimalusi kaks: terastorustik või kummivoolikud. Terastorustikku kasutatakse juhul, kui ühendatavad komponendid on üksteise suhtes liikumatult. Kui asjad hakkavad liikuma, näiteks traktori esilaaduri silindri

väljasurumisel laaduri esiraam tõuseb, siis on vaja kasutada kummivoolikuid, kuna need painduvad.

Teaduslikult on tõestatud, et pikemad voolikud peavad suurele survele kauem vastu kui lühemad. Näiteks voolik pikkusega 1,25 m siseläbimõõduga 12 mm, tööiga on 2300 töötundi aga sama voolik pikkusega 1,65 m tööiga on 2450 töötundi. Muutes toru läbimõõtu väiksemaks väheneb vooliku tööiga. [17]

Hüdrovoolikuid saab liita keermetega või kiirliite otstega. Hüdraulika voolikutele pressitakse tavaliselt sisekeermega mutrid, mille sees on otsast koonuses toru. Koonuste abil pole vaja torudele lisada tihendeid õli pidamiseks, vaid koonus pinnad saavad kokku ja tekib lekkevaba ühendus.

Komponentide liitmiseks on vaja veel ülemineku liitmike, mille abil on võimalik liita erineva keermesuurusega komponente torudega. Neid liitmike nimetatakse adapteriteks ehk stutseriteks. Adapterite liigid: välis-välis-, sise-sise- ja välis-sisekeermetega. Kummivoolikute ühendamisel kasutatakse kõige enam välis-väliskeermega adaptereid.

Hüdraulika komponentide hulk kuulub hüdropaak. Hüdropaagis on õli, mis pumbaga tõmmatakse ja siis surutakse hüdroseadmetesse, näiteks hüdrosilinder või hüdromootor. Hüdropaak on lisaks õli reservuaarina ka lisaks õlijahuti, kuna õli surve all soojeneb.

Õlijahutamiseks on olemas ka spetsiaalsed õlijahutus radiaatorid, mille külge on installeeritud elektriventilaator või mingi muul mehaanilisel jõul töötav ventilaator. Tööpõhimõtte on sarnane auto jahutusvedeliku radiaatoriga ehk vedelik läheb radiaatori sisse, seal ta voolab mööda peenikesi torusid, millel on jahutusribad ja ribasid jahutatakse õhuga. Teatud temperatuuril hakkab ventilaator tööle ja jahutatakse etteantud temperatuurini tagasi.

Hüdraulika komponentide alla kuuluvad ka kõik voolu ja rõhu reguleerimisklapid [1: 403]. Voolamiskiirust muudetakse ventiili ristlõikepindala muutmisega. Rõhuventiil hoiab töö rõhku, süsteemis määratud rõhul. Kui rõhk ületab etteantud rõhku siis avaneb piiraja klapp ja liigne töövedelik juhitakse läbi rõhupiiraja tagasi õlipaaki.

4. ERINEVAD ÜHENDUSVIISID

Avatud süsteem algab õlipaagist, kust imetakse õli hüdropumpa. Pumba väljundpoolel algab survepool ja sealt liigub õli hüdrojagajasse. Hüdrojagaja puutumatu olekus ehk neutraalis liigub õli kohe tagasi õlipaaki. Kangi liigutades avaneb siiber ja hüdmootor või silinder liikuma siis ühes suunas ja teistpidi kangi liigutades avaneb siiber vastassuunda ja paneb seadmed liikuma teistpidi. Sellise süsteemi eeliseks on hüdmootorite või täiturite samaaegne liigutamine ka vastupidistes suundades. Tunnusteks sellisel hüdrostsüsteemil on suure mahuga paak, mis toimib õlijahutina, kuna õli survestamisel soojeneb ja sellega muutuvad vedeliku omadused. Lisaks kogutakse paaki kõik lekkeõlid. Sellise süsteemi puhul kasutatakse üldjuhul mittereguleeritava tootlikkusega pumpasid, kuna süsteemi juhitakse suunaventiiliga. Lisaks ei ole võimalik sellise süsteemi korral pumba abil pidurdada täiturit. Sellisesse süsteemi võib kuuluda rohkem kui üks hüdmootor või täitur. Süsteemi ülekoormamise eest kasutatakse rõhuklappi, mis reguleeritakse paika kogu süsteemi põhjal. [3]

Suletud süsteemis liigub õli koguaeg pumba ja mootori vahel, seega ei ole vaja süsteemile õlipaaki. Süsteemis on hüdropumba tootlikus on võrdne hüdmootori vajaliku vooluhulgaga. Õlipaagita süsteemi õli kogus on väike ja seeläbi võib töövedelik üle kuumeneda. Probleemi parandamiseks lisatakse toitepump, mis on enamasti põhipumbaga koos. Süsteemis on töövedelike lekete vähendamiseks tarvilik kasutada ka ülevoolu- ja rõhupiiramise klappe, mis kaitsevad süsteemi liigsete survete ja vedeliku eest. Sellise süsteemi plussiks on pumba kasutamine hüdmootori pidurina ja sujuv juhtimine. Pumbana kasutatakse kahesuunalisi ehk reverseeritavaid pumpasid, mis on reguleeritava tootlikkusega. Süsteemis on kasutusel üldjuhul üks hüdmootor, kuna pumba tootlikkust muutes, muutub terves süsteemis vedeliku voolamine. [3] Mitme hüdmootoriga suletud süsteemi puhul on mõistlik kasutada muudetava tootlikkusega hüdmootoreid, kuna siis on võimalik neid eraldi juhtida, kuid ainult ühe suunaliselt.

5. HÜDRAULILISE VEOMEHHANISMI PROJEKTEERIMINE

5.1. Alusraam

Projekti alustalaks on roomikutega alusraam, mis soetati aasta tagasi. Alusraam on pärit masina küljest Hägglunds Bandvagn 206 ehk BV 206, mis originaalis on kahe alusraamiga. Kahe alusraami kasutamise puhul on keeramine tehtud kahe alusraami vahele hüdrosilindritega. Bandvagn on Rootsi firma BAE Systems Hägglunds AB valmistatud hea maastikuläbivusega amfiibne militaarotstarbega liigendroomiksõiduk. Sõidukil on väike survejõud maapinnale, kuna kasutatakse roomikute suurt pinda ja sellest tulenevalt on masina läbivus lumes või pehmel pinnasel väga hea. Masina rõhumisjõud maapinnale on väiksem kui keskmisel inimesel. Roomiku laius on 620 mm ja tühjalt toetub maapinnale lindist umbes 2 meetrit. Roomik on kummist ja kummi sisse on paigaldatud trossid tugevdamiseks kummi. Originaal masina pikkus on 6900 mm , laius 1870 mm ja kõrgus 2450 mm. Masina esimese vaguni tühi mass on 2740 kg ja tagumine vagun, millest tuleb ka projekteeritav metsamasin, kaalub 1760 kg. [14]



Joonis 5.1. Militaar Bandvagn 206 [14]

Masinale on võimalik paigaldada tehase poolt kolme erinevat mootorit: Ford V6 bensiinmootor, Mercedes-Benz 5-silindriline diiselmootor ja Mercedes-Benz 6-silindriline diiselmootor. Veomehhanismina kasutatakse Daimler-Benz automaatkäigukasti.

5.2. Jõuallikas

Masina jõuallikaks paigaldatakse Mercedes-Benz OM 636.915 diiselmootor. Mootorit toodeti aastatel 1946-1953. Mootor on neljasilindriline ning jõudu 29 kW ehk 38 hj. Mootor on vedelikjahutusega. Mootor saavutab maksimaalselt 3200 pööret minutis. 2000 p/min juures on masinal pöördemoment 98 N·m. Kütusepumbana kasutatakse Boschi plunžriga kõrgsurvepumpa. Mootori käivitamiseks kasutatakse eelsüüteküünlaid, mis on paigutatud jadamisi, kuna sellisel juhul ei pea releed kasutama. [13]

Mootor on üsna universaalne, kuna neid mootoreid kasutati ka põllumajanduses ning modifitseeritud variante paatide mootoritena. Töös kasutatav mootor on pärit Fahr kombaini pealt.

5.3. Hüdromootori valik

5.3.1. Jõumomendi arvutus

Hüdromootori arvutuslahenduses kasutatakse ainult Bosch Rexroth hüdromootori valikut, sest hüdromootori valmistajaid on palju ja valikuvariantide lihtsustamise mõttes kasutan ainult ühte tootjat. Hüdromootori valiku tegemisel arvestatakse masina etteantud tühimassi, kuna masina tegelikku massi ei teata. Peale masina enda massi läheb vaja veel ligikaudset puude massi, mida metsast välja veetakse. Lisaks on vaja teada mõlema massi hõõrdetegureid maapinnaga.

Masina raskusjõu ja hõõrdeteguri parameetrid:

- masina mass $m=2800$ kg;
- veetava puidu mass $m_p=1200$ kg;
- gravitatsiooni konstant $g=9,81$ N/kg;
- hõõrdetegur $\mu=0,7$ [1: 41].

Leitakse raskusjõu läbi massi ja gravitatsiooni konstanti [1: 36].

$$F = (m + m_p) \cdot g = (2800 + 1200) \cdot 9,81 = 39240 \approx 39500, \quad (5.1)$$

kus F on masina raskusjõud N.

Masina roomikutel on hõõrdetegur, seega tuleb raskusjõud läbi korrutada kummi ja pinnase vahelise teguriga [1: 41].

$$F_h = F \cdot \mu = 39500 \cdot 0,7 = 27650. \quad (5.2)$$

Hüdromootori valiku tegemiseks peab leidma jõumomendi (N·m). Läbi selle saab valida sobiva hüdromootori. Hüdromootoritel on antud maksimaalne jõumoment ja tööõhu juures oleva jõumoment, mille järgi ka mootor valitakse.

Jõumomendi leidmiseks tuleb leida jõuõlg, millega hüdromootor masinat pöörab [1: 37].

Masina roomikute liigutamise jõuõlaks on veorattas, mis välimuselt on tähik. Veoratta läbimõõt on 380 mm. Alusraamil on kaks linti ja veoratast, seega tuleb saadud raskusjõud jagada kahega.

$$M = \frac{F_h \cdot l}{2} = \frac{27650 \cdot 0,19}{2} = 2626,8, \quad (5.3)$$

kus M on hüdromootori tarvilik jõumoment N·m;

l- veoratta raadius.

Lintmasina ühe lindi pööramiseks läheb vaja hüdromootorit, mille jõumoment oleks võrdne või suurem 2626,8 N·m.

Hüdromootori valiku peamiseks nõueteks on jõumomendile vastamine ja piisava sõidukiiruse arendamine. Masina soovituslik töökiirus peaks jääma umbes 6-12 km/h juurde, kuna kiiremini liikumine pole metsas otstarbekas. Alla 6 km/h on puude transportimine aeglane ja tootlikus oleks vähe efektiivne. Piisava efektiivsuse saamiseks tuleb otsida hüdromootor, mis annaks välja 2630 N·m ning leida selle normaalpöörete suurust.

5.3.2. Radiaalkolbmootor

Esimene võimalus täita nõudeid on Bosch Rexroth MCR5-E radiaalkolbmootor, mille andmed [11]:

- pöördetootlikus 470 cm³;
- jõumoment 3000 N·m;
- pöörlemissagedus 1- 465 p/min;

- töö rõhk 450 bar.

Veoratta diameeter $d = 38 \text{ mm} = 0,38 \text{ m}$

Arvutatakse radiaalkolbmootori poolt saavutatava nurkkiiruse [1; 34].

$$w = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 465}{60} = 48,7, \quad (5.4)$$

kus w on nurkkiirus rad/s;

n - hüdmootori pöörded.

Nurkkiirusega on võimalik leida ringkiirus, mis on võrdeline lineaarliikumisega [1; 34].

$$v = w \cdot r = 48,7 \cdot 0,19 = 9,253, \quad (5.5)$$

kus v on liikumiskiirus m/s;

r - veoratta raadius m.

Seega on maksimaalne kiirus 33 km/h. Sellisel juhul on võimalik ühendada hüdmootor otse kardaanülekanega või muu liikuva ühendusega veoratta võllile.

5.3.3. Aksiaalkolbmootor

Teine valik on Bosch Rexroth A2FM seeria 6X 500 aksiaalse asetusega kolbmootor, mille andmed [11]:

- pöördtootlikus 500 cm^3 ;
- normaalrõhk 350 bar;
- jõumoment 2785 N·m;
- maksimaalne töötamis pöörlemiskiirus 1800 p/min.

Pöörlemissagedus $n = 1800 \text{ p/min} = 30 \text{ p/s}$.

Veoratta diameeter $d = 38 \text{ mm} = 0,38 \text{ m}$.

Arvutatakse hüdmootori poolt nurkkiiruse.

$$w = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1800}{60} = 188,5. \quad (5.6)$$

Leitakse ringkiirus.

$$v = w \cdot r = 188,5 \cdot 0,19 = 35,8, \quad (5.7)$$

kus v on veoratta pöörlemiskiirus m/s, mis on teistes ühikutes 129 km/h.

Sellise kiirusega ei ole metsas midagi teha ja seda tuleb vähendada. Lahenduseks on planetaarmehhanism või mingit sorti jõuülekanne. Ülekanne võimendab jõumomenti, seega on võimalik paigaldada väiksema jõumomendiga veomootor, mis muudab ehitamist odavamaks.

Sobiv kiirus on võimalik saavutada jõuülekandega, mille väärtus $i=25$ ehk näitlikult veetakse 10-hambalise hammasrattaga 250-hambalist hammasratast. Sellisel juhul on ka tarvilik jõumoment 2630 N·m asemel 105 N·m. Hüdromootorina saame kasutada Bosch Rexroth A2FM 23 hüdromootorit, mille andmed on järgnevad [11]:

- pöördtootlikus 23 cm³;
- töö rõhk 350 bar;
- jõumoment 128 N·m;
- maksimaalne kiirus on 3150 p/minutis.

Kiiruse arvutus 350 bari töö rõhku juures:

$$v = \frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot r\right)}{25} = \frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 3150}{60} \cdot 0,19\right)}{25} = 2,506 \sim 2,51, \quad (5.8)$$

Kiiruseks saadakse 2,51 m/s ehk 9,1 km/h. Selline kiirus on sobilik ja jääb soovitud vahemikku.

5.4. Hüdropumba arvutused

5.4.1. Radiaalkolbpumba järgi hüdropumba arvutus

Hüdraulika pumba arvutuse lihtsustamiseks kasutatakse ainult Bosch Rexroth tootekataloogist saadavaid variante, mis ei pruugi olla soetatava margiga samad, kuid andmed peavad ühilduma.

Hüdromootorid taluvad kuni 470 bar õlisurvet, kuid töötamise jaoks on sobilik 300-450 bari. Enamik pumpasid annab sellise rõhu välja, kuid välistada saab hammasratas- ja labapumbad. Seega kasutatakse fikseeritud või muudetava plaadiga kolbpumpasid.

Paraja kolbpumba leidmiseks tuleb arvutada palju tarvitab hüdromootor kilovatte ja kui suur on hüdromootori normaaltöö jaoks vaja õlirõhku. Töö leidmiseks arvutatakse nurkkiirus ja see tuleks korrutada jõumomendiga.

Esimese variandi puhul on mootoriks radiaalkolbmootor, leitakse võimsus enne hüdromootorit [3: 39].

$$P = \frac{M \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}\right)}{\eta} = \frac{3000 \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 385}{60}\right)}{0,85} = 151,19, \quad (5.9)$$

kus P on võimsus enne hüdromootorit kW;

n-hüdromootori pöörlemiskiirus p/min;

η - hüdmootori kasutegur.

Enne hüdmootorit on vaja pumba poolt tekitada võimsust 151,2 kW.

Järgmisena leitakse vooluhulk, millega hüdmootorit ringi aetakse [3: 39].

$$q = \frac{P}{\Delta p} = \frac{151200}{450 \cdot 10^5} = 3,36 \cdot 10^{-3}, \quad (5.10)$$

kus q on vajalik vooluhulk hüdmootori jaoks m^3/s ;

Δp - rõhk süsteemis Pa.

Arvutatakse kasutatava pumba teoreetilist tootlikust [3: 39].

$$q_p = \frac{q}{\eta_v} = \frac{3,36 \cdot 10^{-3}}{0,95} = 3,54 \cdot 10^{-3}, \quad (5.11)$$

kus q_p on pumba teoreetiline tootlikus m^3/s ;

η_v - mahuline kasutegur.

Leitakse pumba pöördetootlikus [3: 39].

$$V_p = \frac{60 \cdot q_p}{n_p} = \frac{60 \cdot 3,54 \cdot 10^{-3}}{1500} = 1,416 \cdot 10^{-4}, \quad (5.12)$$

kus V_p on pumba pöördetootlikus m^3/p ;

n_p - sisepõlemismootori pöörete arv p/min.

Selle väärtus on m^3/p , kuid pumba valikul muudetakse see cm^3/p . Väärtuseks on 146,1 cm^3 . Valitakse pump, mille töö rõhk on 400 bari, ja pöördetootlikus vähemalt 146,1 cm^3 .

Selliseks pumbaks sobib Bosch Rexroth A2FO 160 [10]:

- pöördetootlikus 160 cm^3 ;
- töö rõhk 400 bar;
- töö pöörlemiskiirus 1450 p/min;
- vooluhulk 233 l/min;
- väljundvõimsus 155 kW.

Viimasena leitakse, vajaliku sisepõlemismootori võimsus [3: 39].

$$q_{pt} = \frac{10^{-6} \cdot V_{pt} \cdot n_p}{60} = \frac{10^{-6} \cdot 160 \cdot 1500}{60} = 4 \cdot 10^{-3}, \quad (5.13)$$

kus q_{pt} on valitud pumba tegelik tootlikus m^3/s ;

V_{pt} - valitud pumba pöördetootlikus.

$$P_p = \frac{q_{pt} \cdot \Delta p}{\eta_m} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 400 \cdot 10^5}{0,85} = 182,68 \sim 183, \quad (5.14)$$

kus P_p on pumpa vedava sisepõlemismootori võimsus kW;

η_m - hüdropumba mehaaniline kasutegur.

Sisepõlemismootor peab pumba ringiajamiseks olema vähemalt võimsusega 183 kW. Sellisel juhul ei saa kasutada mootorit, mis on antud projekti alguses, kuna sellel on võimsust 29 kW. Seega langeb välja variant ehitada radiaalkolbmootoritega hüdroajam.

5.4.2. Aksiaalkolbmootori järgi hüdropumba arvutus

Teise variandi mootori võimsuse ja pumba pöördetootlikkuse leidmiseks läbitakse samad etapid:

$$P = \frac{Mhm \cdot \left(\frac{2\pi \cdot n}{60}\right)}{\eta} = \frac{128 \cdot \left(\frac{2\pi \cdot 3150}{60}\right)}{0,85} = 42,22 \sim 43, \quad (5.15)$$

Enne hüdmootorit on vaja võimsust 43 kW. Järgmisena leitakse vooluhulk, millega mootorit ringi aetakse.

$$q = \frac{P}{\Delta p} = \frac{43000}{350 \cdot 10^5} = 1,23 \cdot 10^{-3}. \quad (5.16)$$

Arvutatakse kasutatava pumba teoreetilist tootlikust.

$$q_p = \frac{q}{\eta} = \frac{1,23 \cdot 10^{-3}}{0,95} = 1,17 \cdot 10^{-3}. \quad (5.17)$$

Pumba pöördetootlikus.

$$V_p = \frac{60 \cdot q_p}{n_p} = \frac{60 \cdot 1,17 \cdot 10^{-3}}{1500} = 4,68 \cdot 10^{-5}, \quad (5.18)$$

kolbpumba tootlikkuse väärtuseks on 46,8 cm³.

Valime pumba, mille töö rõhk on 350 bari ja pöördetootlikus vähemalt 46,8 cm³. Selliseks pumbaks sobib Bosch Rexroth A18VO 55 [10]:

- pöördetootlikus 54,8 cm³;
- töö rõhk 350 bar;
- maksimaalne pöörlemiskiirus 2500 p/min;
- väljundvõimsus maksimaalselt 80 kW;
- vooluhulk 137 l/min.

Viimasena leitakse kui võimast sisepõlemismootorit on vaja hüdropumba ringi ajamiseks ning maksimaalse pöörlemiskiiruse asemel kasutatakse 1500 p/min, kuna sisepõlemismootorit ei kasutata töötamisel maksimaalselt.

$$q_{pt} = \frac{10^{-6} \cdot V_{pt} \cdot n}{60} = \frac{10^{-6} \cdot 54,8 \cdot 1500}{60} = 1,37 \cdot 10^{-3}, \quad (5.19)$$

$$P_p = \frac{q_{pt} \cdot \Delta p}{\eta_m} = \frac{1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 350 \cdot 10^5}{0,85} = 56,4, \quad (5.20)$$

mootori selle pumba ringi ajamiseks peaks olema 56,4 kW. Sellise arvutuskäigu puhul tuleks asendada mootor poole võimsama vastu. Antud tulemused ei rahulda töö autorit ning järgnevalt tehakse arvutused vastupidiselt ehk leitakse komponentide suurused mootori järgi.

5.4.3. Hüdropumba ja -mootori valik sisepõlemismootori järgi

Mootori vajalikud parameetrid saab peatükist 5.2.

Süsteemi rõhuks võetakse 300 bari. Mootori pööreteks on arvutamisel 1500 p/min.

Esiteks leitakse pumba tootlikkus ning pöördetootlikus.

$$q_{pt} = \frac{P_p \cdot \eta_m}{\Delta p} = \frac{29000 \cdot 0,85}{300 \cdot 10^5} = 7,04 \cdot 10^{-4}, \quad (5.21)$$

$$V_p = \frac{q_{pt} \cdot 60}{n \cdot 10^{-6}} = \frac{60 \cdot 7,04 \cdot 10^{-4}}{1500 \cdot 10^{-6}} = 28,16, \quad (5.22)$$

mootor jõuab maksimaalselt pöörata hüdropumba sisu, mille pöördetootlikus on 28,16 cm³/p.

Pumbaks valitakse Bosch Rexroth A7VO 28 [10]:

- pöördetootlikus 28 cm³;
- normaal töö rõhk 350 bar;
- vooluhulk 89 l/min.

Leitakse enne hüdmootorit tegeliku tootlikkuse.

$$q = q_{pt} \cdot \eta_v = 7,04 \cdot 10^{-4} \cdot 0,95 = 6,688 \cdot 10^{-4}. \quad (5.23)$$

Arvutatakse palju võimsuse on alles enne hüdmootorit.

$$P = q \cdot \Delta p = 6,688 \cdot 10^{-4} \cdot 300 \cdot 10^5 = 20064, \quad (5.24)$$

mootori 29 kW-st on alles enne hüdmootorit 20 kW, mis näitab, et hüdropump võtab peaaegu 1/3 mootori jõust.

Arvutatakse väljundvõimsus hüdmootori võllilt.

$$P_{hm} = P \cdot \eta = 20064 \cdot 0,8 = 16051,2, \quad (5.25)$$

mootori võimsusest on võimalik kasuta 16,05 kW ning ülejäänud läheb süsteemi töötamiseks.

Arvutatakse hüdmootori võlli jõumoment.

$$M_{hm} = \frac{P_{hm}}{n_n} = \frac{16051,2}{\frac{1500 \cdot 2 \cdot \pi}{60}} = 102,185, \quad (5.26)$$

hüdmootorist on võimalik kätte saada jõumoment 102,185 N·m.

Kiiruse leidmiseks tuleb leida ülekandetegur.

$$i = \frac{2700}{102,185} = 26,4. \quad (5.27)$$

Hüdromootoriks valitakse Bosch Rexroth A2FM- 28 [10]:

- pöördetootlikus 28,1 cm³;
- töö rõhk 320 bar;
- maksimaalne pöörlemiskiirus 3150 p/min;
- temperatuuri klass T4.

$$v = \frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot r\right)}{25} = \frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 3150}{60} \cdot 0,19\right)}{26,5} = 2,365, \quad (5.28)$$

seega on masina liikumiskiiruseks 2,36 m/s, mis on võrdne 8,51 km/h. Leitud on süsteemi jaoks vajaliku kiiruse ning jõumomendiga hüdromootor ja sellele vastav hüdropump.

5.5. Hüdraulika juhtimine

Eelnevas peatükis sai välja selgitatud, et kasutatakse aksiaalkolbmootorit ja -pumpa, seega peab juhtimissüsteemis olema hüdrauliline jagaja.

Suunaventiil tuleks valida elektriliselt juhitud proportsionaalne või servoventiil, kuna see võimaldab sujuvamalt manööverdada.

Projekteerimisel kasutatakse proportsionaalset suunaventiili, kuna servo suunaventiili juhtimissüsteem on kulukam.

Suunaventiil peab vastu pidama kuni 300 bari rõhku ning vooluhulka 89 l/min.

Hüdrojagajaks sobib Bosch Rexroth 4WRE NS 10 proportsionaalne suunaventiil [24]:

- maksimaalne töö rõhk 315 bar;
- maksimaalne vooluhulk 180 l/min;
- solenoidi pinge 12 V.

Juhtimine toimub elektriliselt ning selleks on olemas spetsiaalsed elektrilised ja elektermehaanilised juhtmoodulid.

5.6. Torustiku arvutamine

Voolikute arvutamiseks tuleb esmalt välja selgitada, kas süsteemis tekib rõhk ning tegemist on liit- või lihttorustikuga. Töös ühte voolikut kaheks ei jaotata, seega tegemist lihttorustikuga. Liinitakistus on voolikudes olemas ning seda tuleb arvestada arvutamisel [2: 143]. Voolikute pikkust saab täpselt mõõta kui komponendid paigas, kuid ligi kaudseks pikkuseks seitse meetrit. Viis meetrit on survepoolt ehk pumbast mootorini ja sealt tagasi jagajasse. Ülejäänud voolik läheb tagasivoolu torustikuks.

Voolikute mõõtmed leitakse hüdraulikapumba vooluhulka ja süsteemirõhu järgi. Maksimaalne vooluhulk arvutus käigus oli 89 l/min ja pumba poolt toodetud 300 bari rõhku. Läbi nende andmete saame raamatu "Hüdraulika ja hüdroseadmed" tabelist valida vastava voolukiiruse [3: 43].

Kiiruseks valitakse 6 m/s, mis on võrdne 3600 dm/min, seega on võimalik leida survepoolle oleva toru läbimõõt [3: 43].

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 89}{3,14 \cdot 3600}} = 0,1774 = 17,7, \quad (5.29)$$

kus d on vooliku või toru läbimõõt mm;

q - vooluhulk l/min;

v - torustikus voolukiirus dm/min.

Survetorustiku toruks peab olema suurem võrdne 17,7 mm siseläbimõõduga. Seega valime standardi järgi vooliku sisemõõduga 18,9 mm ja töösurve 350 bari.

Lisaks arvutatakse tagasivoolu toru siseläbimõõt, kui kiiruseks on 2,5 m/s ehk 1500 dm/min.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 137}{3,14 \cdot 1500}} = 0,2748 = 27,5, \quad (5.30)$$

tagasivoolutoru siseläbimõõt peab olema vähemalt 27,5 mm, seega valitakse voolikuks 31,8 mm siseläbimõõduga vooliku, mille töö rõhk on 63 bari.

5.7. Hüdraulika lisaseadmed

5.7.1. Õlipaak

Õlipaagi valikul lähtutakse õlipumpade summaarsest tootlikkusest ehk mitme pumba puhul peab nende tootlikkuse kokku liitma. Lisaks annab see arvutus piisava õli jahutamise, et vältida õli kuumenemist [3].

$$Q = (2..3) \cdot q = 2,8 \cdot 89 = 249,2, \quad (5.31)$$

kus Q on paagi mahutavus l;

q - pumpade summaarne tootlikus l/min.

Arvutuskäigu tulemusena saadakse paagi suuruseks 250 liitrit, mis võimaldab piisava jahutuse õlile nii, et seda ei pea eraldi jahutama. Sellises suuruses paagi ehitamine on väga kallis ja paagi mass koos õliga suur. Selline lahendus on kulukas ja otstarbekam on kasutada õlijahutus radiaatorit, mis võimaldab õlimahuti suurust vähendada.

5.7.2. Õlijahutus radiaator

Õlijahutus radiaatori valimisel on esmalt vaja otsustada, kuidas radiaatorit jahutatakse: õhuga, vedelikuga (vesi, jahutusvedelik) või gaasiga. Massi ja ruumi kokku hoidmise eesmärgil valitakse õhkjahutusega radiaatori. Jahuti suuruse arvutamiseks on vaja miinimum temperatuuri, milleni õli jahutatakse. Seadistav vahemik on 40-90 °C. Töös valitakse jahutamise alumiseks temperatuuriks 60 °C. Temperatuur, millal ventilaator tööle hakkab on 80 °C. Arvutuses voolukiiruse ühikuna kasutatakse kg/s antud juhul on l/min, seega 89 l/min on võrdne 1,513 kg/s. Erisoojuseks hüdroõlil on ligikaudu 2,09 kJ/(kg·K), nüüd arvutatakse kui suurt soojushulka on vaja radiaatoril eemaldada [15: 671].

$$Q = v \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2) = 1,513 \cdot 2,09 \cdot (80 - 60) = 63,2, \quad (5.32)$$

kus Q soojuslik võimsus kW;

t_1 - temperatuuri enne °C;

t_2 - temperatuur pärast °C;

C_p - erisoojus õlil kJ/(kg·K);

v - voolukiirus kg/s.

Radiaatori kaudu on vaja eemaldada 63,2 kW soojusenergiat. Seega valitakse õlijahuti, mis suudab jahutades eraldada õlist vähemalt 64 kW soojusenergiat.

Valitakse õlijahutiks Parker LHC õlijahuti, mille andmed on järgnevad [16]:

- hüdrauliline ventilaatori mootor;
- maksimaalne töö rõhk 14 bar;
- jahutusvõimsus 1,48 kW/°C;
- kaal 70 kg.

Õlijahuti abil võib mahutit muuta 2/3 võrra väiksemaks- mahuti suuruseks 84 liitrit, mis on optimaalne kogus võrreldes 250 liitriga. Õlijahutit kasutatakse metsamasinatel, kaevandusmasinatel ja muudel suurematel hüdraulilistel seadmetel.

5.7.3. Drossel, ülerõhuklapp ja filter

Drosselklapi valimisel lähtutakse reguleerimisvahemikust ehk vooluhulgast, mida on vaja juhtida ning maksimaalset töösurvet. Antud juhul on vooluhulgaks 89 l/min ja töö rõhkuks 300 bari. Samadel tingimustel tuleb valida ka ülerõhuklapp.

Filtri valimisel survepoolele tuleb arvestada töö rõhuga ja rõhulanguga, kuna filtrist läbivoolamine on takistusega. Teise elemendina tuleb vaadelda, kui suur on vooluhulk läbi filtri, mis on töös 89 l/min. Survepoole filtrid on palju kallimad, seega valitakse filter, mis asetatakse peale survepoolt ehk tagasivoolu. Tagasivoolufiltrid on odavamad ja lisaks ei arvestata rõhulanguga, kuna see töötava süsteemi rõhku ei muuda.

5.8. Ühendusskeem

Hüdrokomponentide ühendamise jaoks on koostatud skeem, mis aitab leida vigasid süsteemis ja näha, kuidas ühendatud komponendid omavahel sobituvad. Skeemi koostamiseks kasutati Scheme Editor 6 programmi, mis on Bosch Rexrothi poolt välja töötatud hüdraulika ja pneumaatika skeemide koostamiseks.

Komponentide ühendamisel kasutatakse avatud hüdro süsteemi ehk süsteemis on kasutusel hüdropaak töövedeliku ringluses. Koostatud skeemil (lisa A) on vooluhulga regulaator enne mõlemat suunaventiili, kuna siis muutub mõlemal poolel voolukiirus võrdselt.

Suunaventiilidena kasutatakse solenoid juhitavaid 4/3 vedrutagastusega ventiile. Kaitseklappe ehk ülerõhuregulaatoreid eraldi ei ole vaja, kuna need on olemas juba suunaventiilides ja neid saab reguleerida suunaventiililt.

Õlijahuti ja puhastusfilter on paigutatud tagasivoolu enne hüdropaaki. Hüdmootorite lekkevedelikud lähevad õlimahutisse eraldi drenitoru mööda, mis peab minema kõrgemale hüdmootori tipust, et liikuvad osad jääksid määrituks.

6. KINNITUSTE PROJEKTEERIMINE

6.1. Pumba ja mootori vaheline ülekanne

Pumba paigaldamisel tuleks kasutada paigaldusviisi, mis võimaldaks ühendada hüdropumba sisepõlemismootoriga juhul, kui nende völliid ei asetse ühel sihil ega suunal. Enam levinud lahendus sel juhul on kardaanülekanne H-kahvliga, mis annab võimaluse paigaldada pumba sellistel tingimustel. Tavaliselt kasutatakse pumpade ühendamiseks spetsiaalseid kummist vahelülidega leevendeid, mis tagavad samuti vajaliku tolerantsi paigaldamisel. Spetsiaalsed leevendid on küll väiksemate mõõtmetega aga hind võrreldes kardaanülekandega on tunduvalt kallim. Kardaanülekande osadeks on H-kahvel, üks veoratta külge sobiv kahvel, üks pumbaga ühilduv kahvel ja kaks kardaanirist kahvlite ühendamiseks.

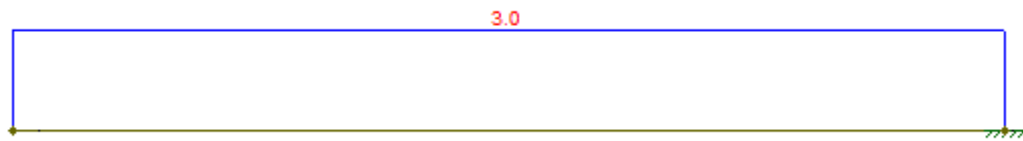
6.2. Flantsid

Hüdroseadmete kinnitamiseks alusraami külge on vaja kinnitusdetaille, mis kinnitatakse keevis- ja poltliidete abil alusraami külge. Kinnituse detailidena kasutatakse terasest karptala (U-tala) ja väiksemate asjade kinnitamiseks terasplaate. Poltide valikul kasutatakse tabelit [1;261] lõikejõu määramiseks.

Hüdromootorile ja -pumbale kinnituskonstruktsioon tehes peab mõtlema sellele, et see ei väänduks ega painduks läbi. Kuna mootori kinnitamiseks kasutatakse U-tala, siis mootori raskusest tulenevat paralleelset jõudu saab pidada olenematuks ja seda eraldi arvutada ei tuleks.

Suuremaks probleemiks hüdromootori puhul on jõumoment, kuna see võib ulatuda kuni 3000 N·m, mille järgselt peab säilima kinnituselemendi esialgne kuju.

Mõeldes konstruktiivselt siis hüdromootori kinnituskonstruktsioon hakkab kõige enam painduma risti suunaliselt hüdromootoriga. Paindumist saab ära hoida õige materjali paksuse valikuga, et arusaada, kuidas jõud talale mõjub, tuleb teha tugevusarvutus paindele.



Joonis 6.1. Kinnitusdetaili M-epüür, koormuse rakendus talale



Joonis 6.2. Kinnitusdetaili paindumise näide õhukese materjali puhul

Arvutuste tegemise jaoks kasutatakse mittelegeerkonstruktsiooniterast S235JR. Maksimaalne pinge on 160 MPa [1: 131]. Arvutatakse vastupanumoment U-talale [21: 199].

$$W_y = \frac{M_y}{[\sigma]} = \frac{3 \cdot 10^3}{160} = 18,75 \approx 18,8, \quad (6.1)$$

kus W_y on y-teljeline vastupanumoment cm^3 ;

M_y - rakendatav moment $\text{N} \cdot \text{m}$;

$[\sigma]$ - maksimaalne rakendatav pinge Pa.

Vastupanumoment peab olema $18,8 \text{ cm}^3$, juhul kui pole ühtegi ava. Valmistataval kinnituselemendil on ava läbimõõduga 80 mm. Avadega detailide puhul tuleb võtta varuteguriks 1,5 asemel 3. Seega tuleb vastupanumoment $56,4 \text{ cm}^3$. Kinnitus U-tala profiil number 120 [1: 164].

7. MAJANDUSLIK OSA

Projekti tegemisel on tähtis osa komponentide maksumusel, kuna selle järgi on võimalik otsustada, kas masinat on mõtet valmistada või on kasulikum osta valmistoode ja kohandada seda ümber. Maksumuse leidmisel leitakse ainult komponentide hinnad ilma paigalduseta. Hüdraulika väiksemaid osasid, nt. voolikute adaptrid, ja kinnitusdetailid ei arvestata majanduslikus tabelis.

Projekti tegemisel on kasutatud enamjaolt standarttooteid, mida on võimalik saada poest. Masina veomehhanismi ehitamiseks kasutatakse ainult hüdraulika komponente. Komponentide valikul on määravamaks toote hind mitte toote valmistaja. Komponentide internetist leitud hinnad on tabelis 7.1. Osade maksumus kokku ilma kinnitusdetailideta ja väiksemate vidinateta (polidid, voolikute adaptrid) on 6174,6 eurot. Kõige enam sellise süsteemi juures maksavad veomootorid planetaarülekandegaga.

Tabel 7.1. Seadmete maksumus

Seadme nimetus	Mudel	Kogus	Ühik	Ühiku hind, EUR	Summa, EUR
1. Hüdromootorid planetaarülekandegaga	JCB 20/925529	2	tk	1290,00	2580,00
2. Hüdropump	HYDRO LEDUC	1	tk	505,00	505,00
3. Õlipaak	100L terasest	1	tk	459,00	459,00
4. Õlifilter	MPFILTER CS050P24A koos ühendus jalaga.	1	tk	41,30	41,30
5. Õlijahuti	Jahuti 110-L	1	tk	530,00	530,00
6. Voolikud	Hydroscand	7	m	269,20	269,20
7. Suunavetiil/jagaja	Proportsionaal JCB 919/72400	1	tk	1490,00	1490,00
8. Drossel	VRFB 1"	1	tk	39,19	39,19
9. Ülerõhuklapp	VMP-3/4" kuni 350 bar	1	tk	39,60	39,60
11. Manomeeter	A-1/4" 400 bar	1	tk	9,39	9,39
12. Kardaani ülekanne	H-kahvel, 2x kahvel ja 2x kardaani rist	3	tk	70,64	211,92
				Kokku	6174,60

Turu-uuringus kirjeldatud Lennartsfors raudhobu maksab ilma KM-ta 13000 EUR [21]. Seega võrreldes valmistatava masinaga on raudhobu kallim ning efektiivsus väiksem. Prinoth Raptor 300 kasutatud 2015. aasta mudel maksab 199418 eurot [25]. Masin on kallim ning seadet tuleks ümber ehitada, kuna puuduvad vajalikud lisaseadmed.

8. MASINA KATSETAMINE

Katsemasina ehitamist alustati peale hüdraulika komponentide arvutamist ning nähes vajalikke komponentide maksumust oli näha, et masina hüdrodetaille ei jõuta soetada projekti lõpuks, kuid masin oli vaja liikuma saada jõumomendi katsete jaoks. Komponentide soetamise asemel kasutati olemasolevaid hüdrokomponente.

Alusraamil oli algselt küljes diferentsiaal koos piduritega. Diferentsiaali ülekandearv määrati katseliselt.

$$i = \frac{n_s}{n_v} = \frac{15}{4} = 3,75, \quad (8.1)$$

kus i on ülekandearv;

n_v -väljundvõlli pöörete arv;

n_s - sisendvõlli pöörete arv.

Sisend ehk vedav võll teeb 15 pööret, siis samaaegselt väljund ehk veetav võll teeb 4 pööret.

Projekti alustuseks kinnitati mootori alusraamile. Mootoril oli olemas algselt alusraam, millel mootor kinnitus kummipuksidega, et vähendada vibratsiooni. Mootori alusraam kinnitati roomikutega alusraami külge keevisliitega. Mootorit tõsteti ülesse poole, kuna veovõlli ots oleks jäänud liiga madalale. Tõstmiseks kasutati kahte 60x30x5 U-tala.

Pumba ühendamisel kasutatakse kardaanülekannet, kuna sellisel juhul ei pea pumbavõll joonduma mootorivõlliga ühele sirgele vaid saab lubada väikest ebatäpsust. Mootori ja pumba ühendamiseks kasutati kardaanülekannet (joonis 8.1.), mis valmistati kohapeal leiduvate kardaanikahvlite ja ristide abil. Kahvlid ja ristid on vene päritolu põllumajandusmasinate küljest ning marki ei osata öelda.

ligikaudu 30 liitrit. Filter koos kinnituskronsteiniga ja survevoolikud sai soetatud hüdrokomponentide poest. Rõhu paika seadmiseks lisati ka manomeeter.

Esimesel katsel seati rõhuks 130 bari, kuigi maksimaalseks töö rõhuks on 160 bari. Rõhku reguleeriti läbi jagaja kaitseklapi. Liikumine toimus ainult otse suunas ning pöörama hakates suruti õli hüdropumba otsatihendi vahelt välja.

Pumba tihendid vahetati ära ning uue katsetuse ajal seati rõhuks 145 bari. Samuti muudeti ülekandearvu suuremaks, et kiirust vähendada ja jõumomenti suurendada. Jõuülekandeteguriks saadi 3,16. Uuel katsel saadi masina pöörama, kuid see oli vaevaline ning sellise pööramisega jääb masin pehmepinnasega metsas hätta. Arvutuslikult saadi veorattani peaaegu 700 N·m, mis on veerand arvatud vajalikust jõumomendist.

Masina jõumomendi suurendamiseks sai hangitud uus Poolas valmistatud hammasrataspump Hylmat LH 43, mille töö rõhuks on 270 bari.

Pumba paigaldamiseks oli vaja soetada kaks ülemineku adaptrit voolikutele, kuna pumba väljavõtted on 3/4 keermega aga voolikud M27x1,5 keere. Pump saadeti vale pöörlemissuunaga ning pump saadeti tehasesse tagasi ümberhäälestamisele.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks seati roomikutega alusraamile BV206 projekteerida kerge ja võimalikult väikese pöörderaadiusega hüdrauliline veomehhanism. Projekti puhul saavutati kerge alusraamiga tulemus, kuid katseliselt seda pole tõestatud, kuna komponentide maksumus oli autori jaoks üle jõu käiv.

Eesmärgi saavutamiseks leiti esmalt, millised võimalused on süsteemi loomiseks ning valiti avatud hüdro süsteem, mille puhul süsteemis on kasutusel õlipaak ja hüdrojagaja. Hüdro süsteemi komponentide leidmisel arvestati olemasoleva sisepõlemismootoriga.

Esimese arvutusena leiti masina roomikute liigutamiseks vajalik jõumoment, mille peab hüdro mootor saavutama. Parim lahendusena kasutatakse fikseeritud asendiga aksiaalkolbmootorit. Peale seda leiti kui kiiresti on võimalik valitud kolbmootoriga masinaga liikuda. Lõppvariandi puhul sõidukiirus kuni 8 km/h, kuid hüdro mootori ja veoratta vahele tuleks paigaldada planetaarmehhanism.

Teise arvutuse käigus selgitati välja kui suure pöördetootlikkusega hüdropumpa on vaja hüdro mootori jaoks ning kui palju leitud hüdro süsteem vajab võimsust sisepõlemismootorist. Arvutuste järgi kaob kasuliku energiat hüdro süsteemi ligikaudu pool ehk kui mootori võimsus on 29 kW siis hüdro mootori väljund võimaldab ainult 16,5 kW võimsust. Kaks kolmandikku kaduma läinud võimsusest läheb hüdropumpa, kuna seal tekitatakse tööõhk.

Töö käigus selgitati välja, et piisava jahutusega õlipaagi suurus peaks olema 300 liitrit. Mahuti väiksemaks tegemiseks lisatakse hüdro süsteemi jahutusradiaator. Komponentide ühendamiseks vajalike torude siseläbimõõduks saadi survetorule 18,9 mm ja tagasivoolule 31,8 mm.

Töö käigus projekteeriti hüdrokomponentidele ka kinnitusdetailid, kuna komponendid tuleks kinnitada alusraami külge. Hüdro mootori kinnitusdetailile tehti tugevusarvutus, et näha, kas kasutatav U-tala peab vastu paindele.

Töö lõpptulemusena saavutati hüdraulilise ajami projekt BV 206 alusraamile. Autori arvetes tuleks projekti päriselt läbi katsetada, kuna võib esineda puuduseid, mida projekteerimisel ei nähtud.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Mehaanikainseneri käsiraamat. (2015)./ Toim. P.Kulu, E.Hendre. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus. 492 lk.
2. **L.Tepaks.** (1967). Hüdraulika. Tallinn: Valgus. 421 lk.
3. **R.Soots.** (2005). / Hüdraulika ja hüdroseadmed. II osa. Tallinn: Raber Pluss. 56 lk.
4. Lennartsfors. Raudhobu. [veebileht]
[http://www.aura.ee/file.php?feID=c3718bb6c26ede6ad4406b4cca30f9cb_\(2.10.18\).](http://www.aura.ee/file.php?feID=c3718bb6c26ede6ad4406b4cca30f9cb_(2.10.18).)
5. Prinoth. Raptor 800. [veebileht]
<https://www.rowmec.com/pdf/RaptorRT800Brochure.pdf> (3.10.18).
6. Terri. Terri 34c forwarder. [veebileht]
<http://www.terri.se/en/products/terri-34-forwarder/> (3.10.18).
7. TDT-55 skidder. [veebileht]
[http://www.r-les.ru/spravochnaja-informacija/kharakteristiki-tdt_55a.html_\(6.11.2018\).](http://www.r-les.ru/spravochnaja-informacija/kharakteristiki-tdt_55a.html_(6.11.2018).)
8. TDT-55A 1992a. [veebileht]
goo.gl/rBK9PM (6.11.2018)
9. Engineering Essentials: Hydraulic Motors. [veebileht]
<https://www.hydraulicspneumatics.com/200/TechZone/HydraulicPumpsM/Article/False/6427/TechZone-HydraulicPumpsM> (6.11.18).
10. Bosch Rexroth AG. Pumps. [veebileht]
<https://www.boschrexroth.com/en/xr/products/product-groups/mobile-hydraulics/pumps> (12.11.2018).
11. Bosch Rexroth AG. Motors. [veebileht]
<https://www.boschrexroth.com/en/xr/products/product-groups/mobile-hydraulics/motors> (12.11.2018)
12. Pneumaatika ja hüdraulika alused. Hüdropumbad. [veebileht]
<https://bit.ly/2YMccHi> (5.02.2019)
13. Mercedes-Benz 170D. [veebileht]
<https://bit.ly/2K7kCoE> (12.01.2019)
14. The Hägglunds BV206. [veebileht]
<http://www.arctictracks.com/hagglunds-bv206/> (12.02.2019)
15. Yunus A.Cengel, Afshin J.Ghajar. (2015). Heat and Mass Transfer: Fundamentals and applications. New York: McGraw-Hill Education. 1208 lk.
16. Parker. [veebileht]

- <http://ph.parker.com/fi/en/lhc-lhc2-standard-air-oil-cooler-with-hydraulic-motor> (27.02.2019)
17. **A.I. Pavlov, I.A. Polyinin, K.E. Kozlov.** (2017). Improving the Reliability of Hydraulic Drives Components. [e-artikkel]
<https://bit.ly/2YoraDo> (5.03.2019)
 18. Pneumaatika ja hüdraulika alused. Hüdrosüsteemid. [veebileht]
<https://bit.ly/2X6ERqc> (20.03.2019)
 19. Radiaal piston pumb. [veebileht]
<https://giphy.com/gifs/pistons-5d9qGo81x8Lzq>. (20.03.2019)
 20. 210.16.11.00- Hydromotor unregulated axial-piston. [veebileht]
<http://gidravlik-m.com/gidromotory-gidronasosy-seriya-210/210-16-11-00-gidromotor-nereguliruemyi-aksialno-porshnevoi.html> (20.03.2019)
 21. Autra. IronHorse Flex Forest. [veebileht]
<https://bit.ly/2WLU28e> (11.04.2019)
 22. **A. Klauson, J.Metsaveer, P.Pöder.** (2017). Tugevusõpetus. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus. 639 lk.
 23. Hydraulic proportional and closed loop system design. (2010). /Ed. N.Hanso. [on-line]
http://www.cmafh.com/enewsletter/PDFs/Hydraulic_Proportional_Closed_Loop_System_Design.pdf (12.05.2019)
 24. Bosch Rexroth. 4/3 proportional directional valves. [veebileht]
https://dcus.resource.bosch.com/media/us/products_13/product_groups_1/industrial_hydraulics_5/pdfs_4/re29061.pdf (12.05.2019)
 25. ForestryTrader. Prinoth Raptor 300. [veebileht]
<https://www.forestrytrader.com/listing/for-sale/25649487/2015-prinoth-raptor-300-track-mulchers> (13.05.2019)
 26. Pneumaatika ja hüdraulika alused. Suunaventiilid. [veebileht]
<https://bit.ly/30OX5P8> (13.05.2019)

SUMMARY

The aim of the thesis was to design a light hydraulic drive for the base frame BV 206 to ensure a minimal turning radius. The result of the project was the light weight hydraulic drive mechanism, but it has not been proven experimentally because the parts price was too expensive for the author. A good turning radius was achieved.

In order to achieve this goal first existing variants were found and the best for the project machine were selected. More than one of the variants arose and best one depends on the internal combustion engine.

As a first calculation was to find the torque required by the hydraulic motor to move the machine tracks. The best solution came with an axial piston motor. After that was found how fast it is possible to drive with the final version. The speed is up to 8 km/h, but that needs planetary mechanism installed between the hydraulic motor and the drive wheel.

In the second calculation was found out how high revolution a hydraulic pump would be needed for the hydraulic motor and how much of the hydraulic system needs power from the internal combustion engine. According to the calculations the useful energy is lost by about half for hydraulic system. If the engine power is 29 kW, then the output of the hydraulic motor only gives 16.5 kW. Two-thirds of the lost power goes to the hydraulic pump, because it creates the working pressure.

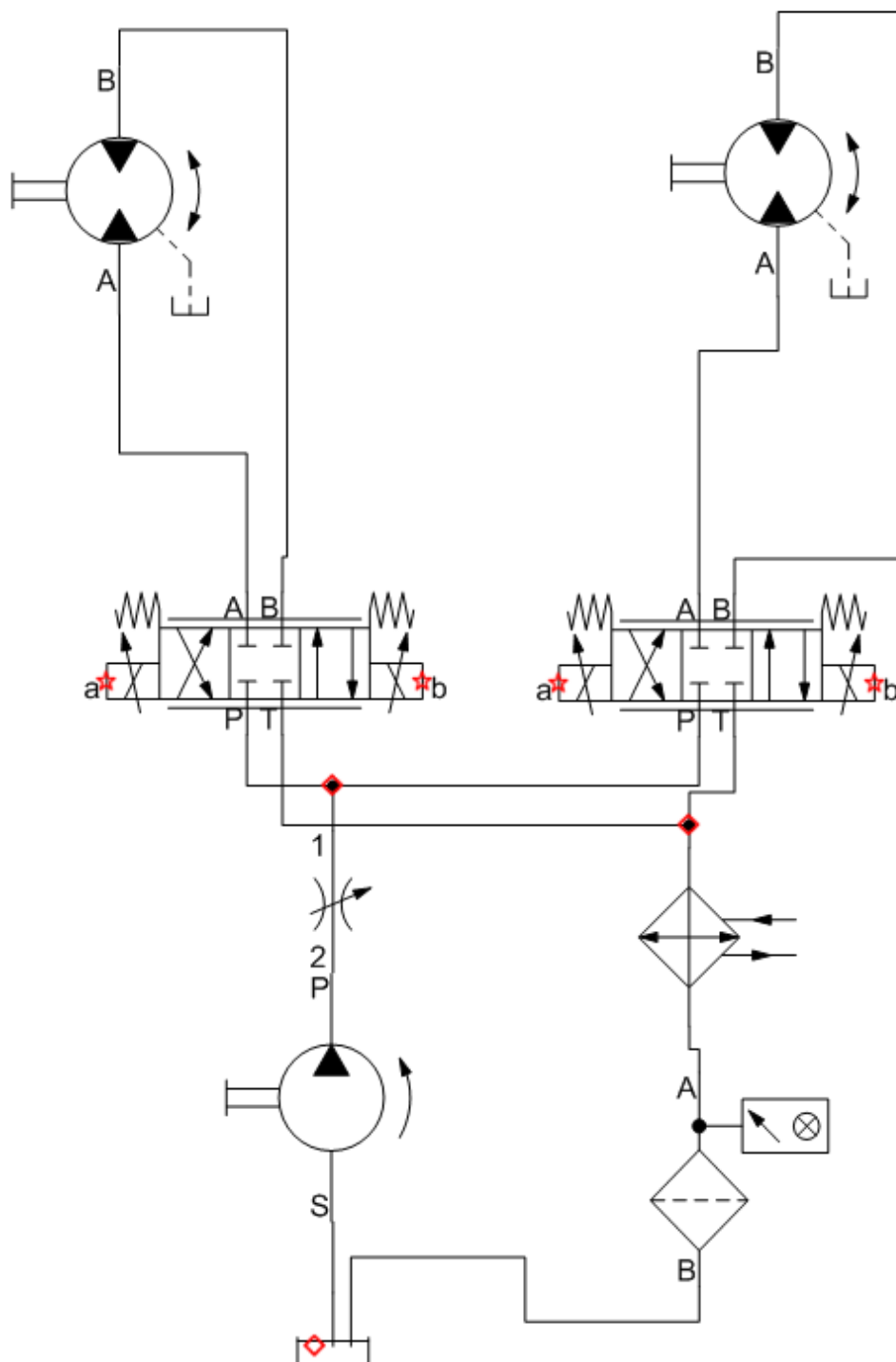
In the work it was found that the oil tank with sufficient cooling should be 300 liters. To make a smaller container we need to use a radiator. The inner diameter of the pipes needed to connect the components was 22 mm for the pressure pipe and 34.1 mm for the return flow.

During the work, the fasteners were also designed for the hydraulic components, to attach them to the machine. The hydraulic motor attachment was subjected to a strength calculation to see if the U-beam used is resistant to bending.

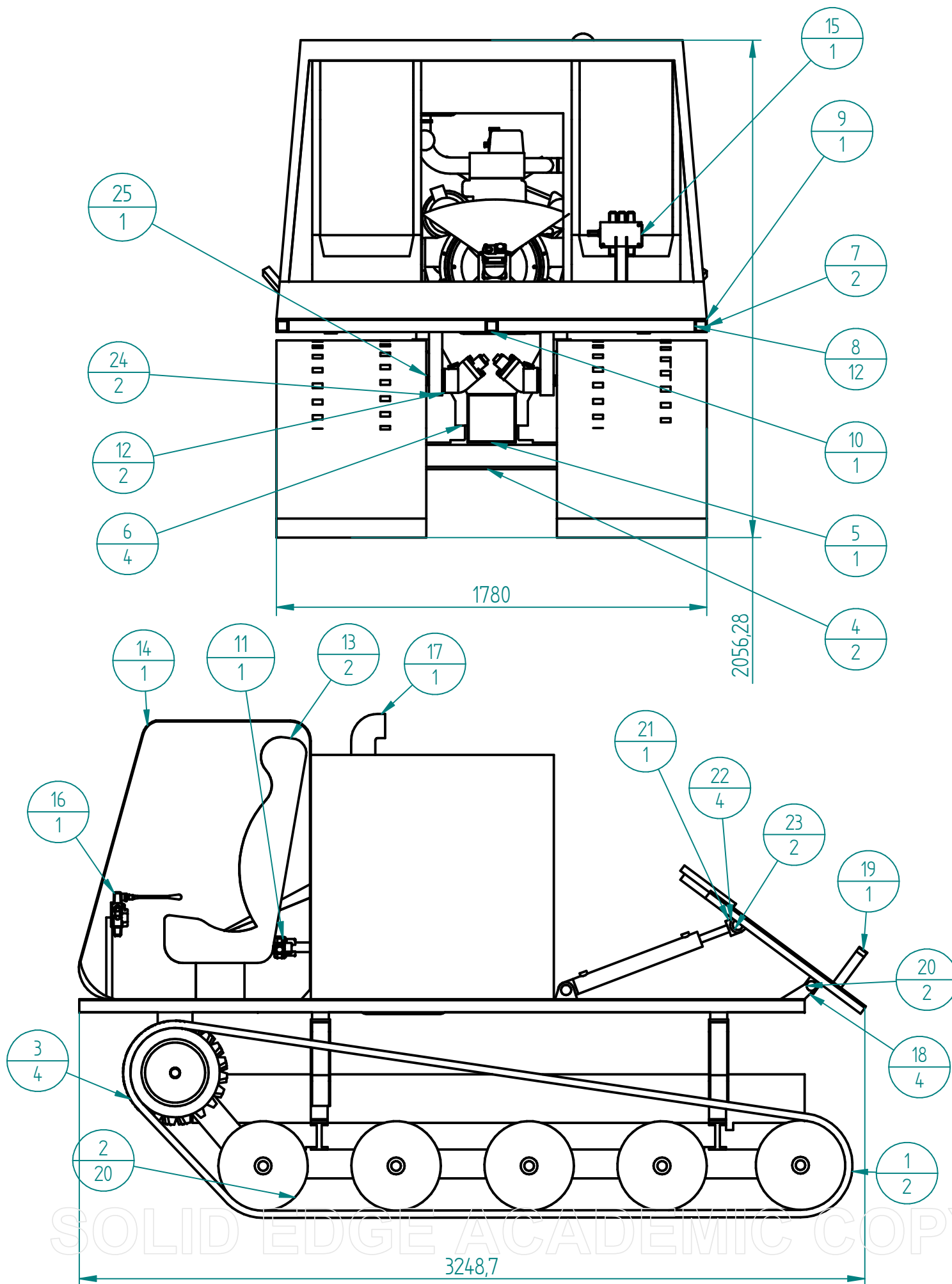
As a result, the hydraulic drive project was achieved on the base frame of BV 206. In the author's accounts, the project should actually be tested, because there may be some drawbacks that were not found in the design.

LISAD


Lisa A. Hüdraulikaskeem

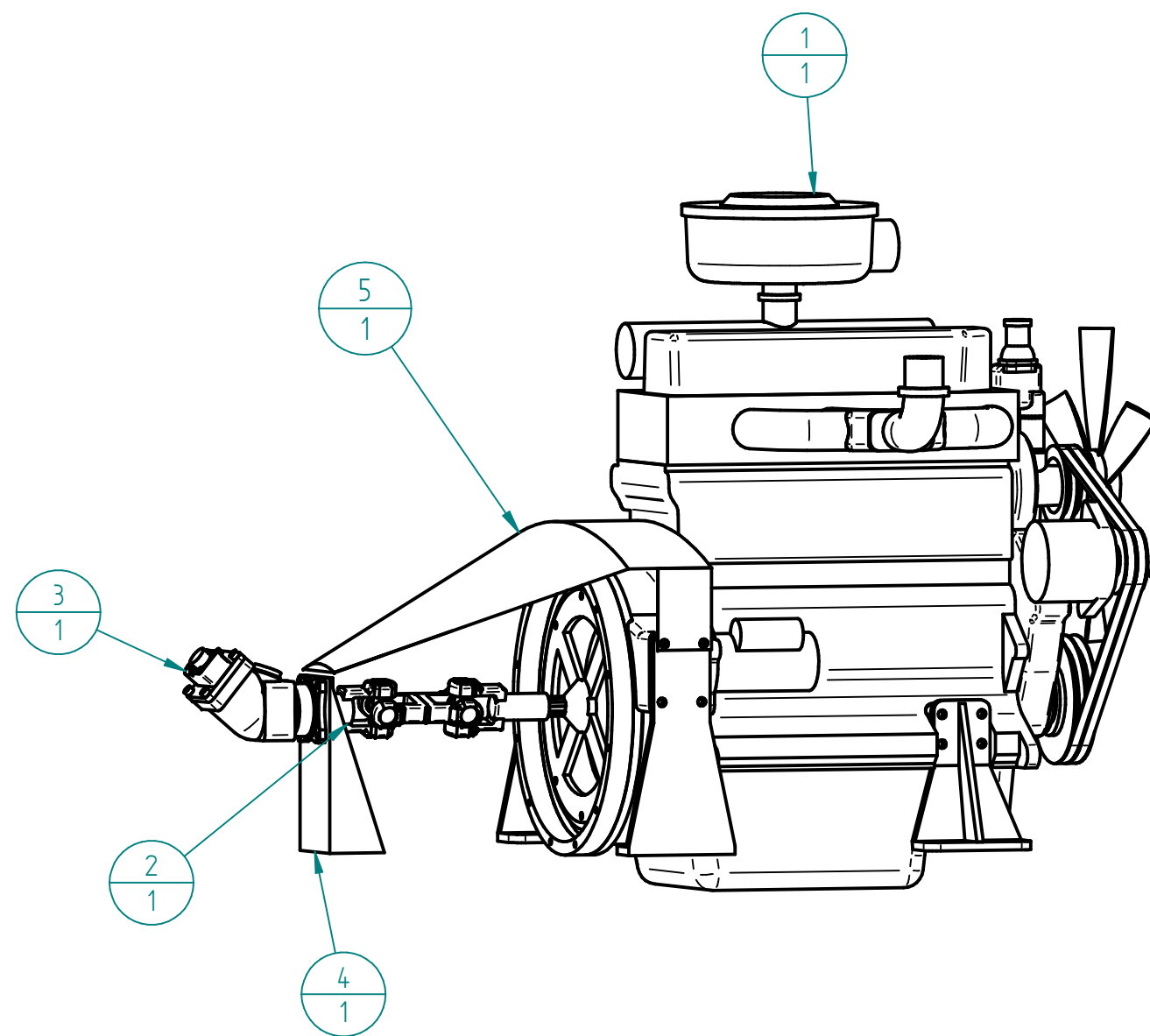


Lisa B. Tehnilised joonised

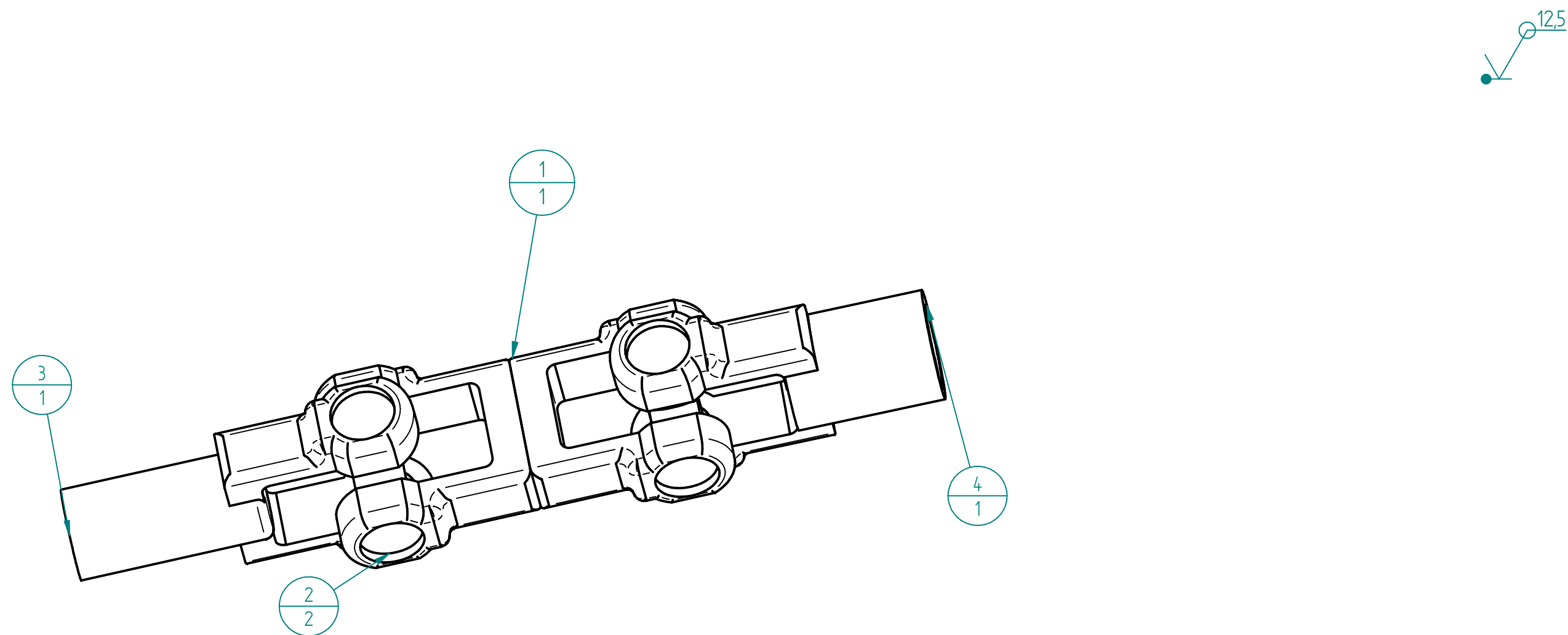



1	Roomik	-	2	
2	Tugiratas	-	20	
3	Veoratas	-	4	
4	Risttala	-	2	
5	Kesktala	-	1	
6	Alusplaadi kandur, S235JR	-	4	
7	Nelikanttoru pikk 40x40, S235JR	TE4040	2	Standard
8	Nelikant lühike 40x40, S235JR	TE4040	12	Standard
9	Plaat, S235JR	-	1	
10	Nelikant pikk (löikega) 40x40, S235JR	TE4040	1	Standard
11	Hüdropumba ühendus mootoriga	TA_19/160449 B 02_00_K	1	
12	Hüdmootor Rexroth A2FM28	R902223204	2	Standard
13	Iste	-	2	
14	Kabiin, S235JR	-	1	
15	Jagaja jalg, S235JR	-	1	
16	Hüdrojagaja Rexroth 4WRE NS10	R900927232	1	Standard
17	Kapott, S235JR	-	1	
18	Vintsi plaadi kinnitus alusraamile,	-	4	
19	Vintsi plaat, S235JR	-	1	
20	Vintsiplaadi tapp, S235JR	-	2	
21	Silinder, S235JR	-	1	
22	Silindri kinnitus, S235JR	-	4	
23	Silindri polt, S235JR	-	2	
24	Hüdmootori kinnitusflants	TA_19/160449 B 01_01_D	2	
25	Veoratta hüdmootori ühendus	TA_19/160449 B 04_00_K	2	

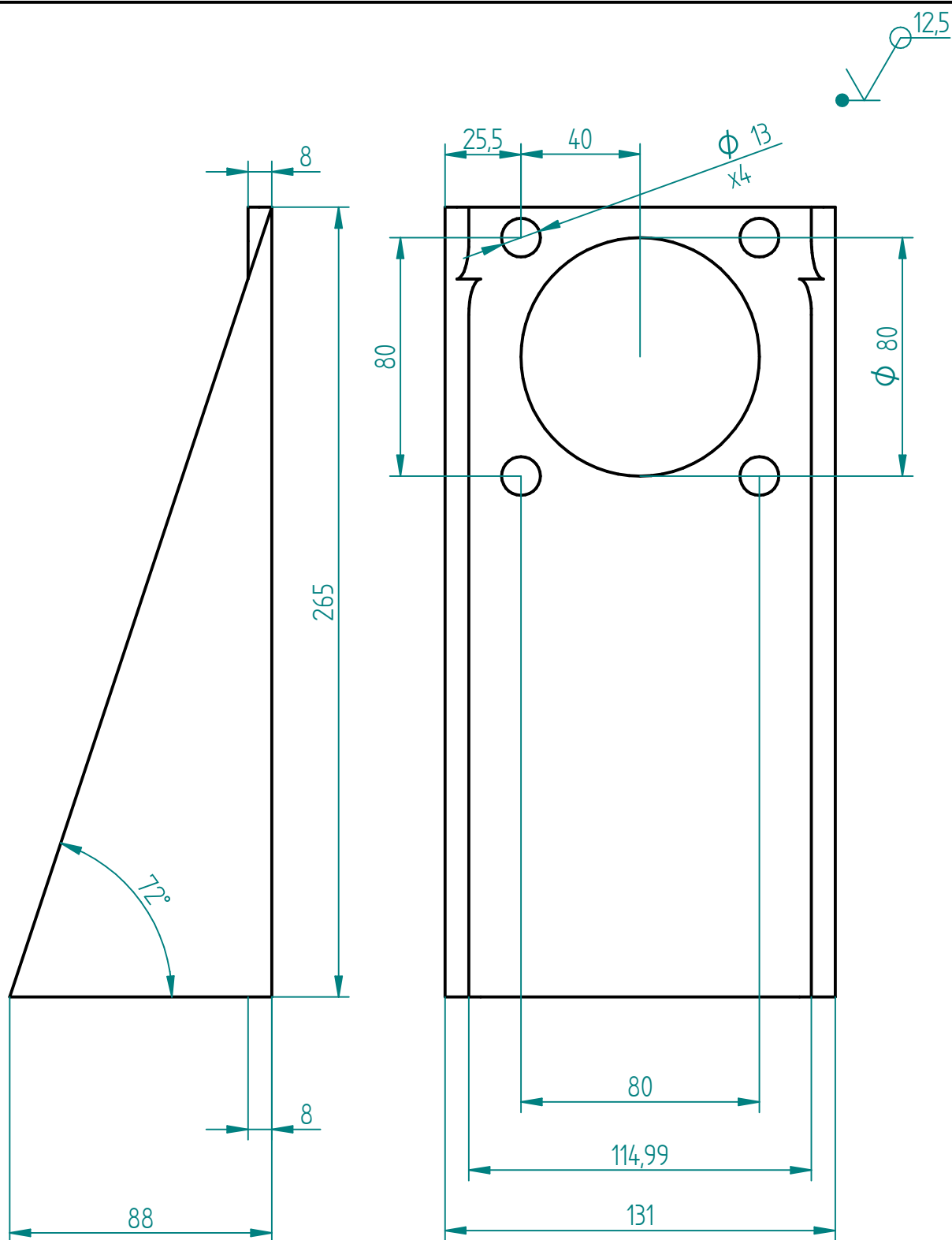
Osa	Väli	Nimetus	Tähis	Hulk	Märkus
	MATERJAL:		NÄITAMATA PIIRHÄLBED:	MASS: 2817,11 kg	MÕÖT: 120
TEOSTAS:	Raido Raudsepp		Lõplik kontseptsioon metsaväljaveo masinast		
KONTROLLIS:					
KINNITAS:					
EMÜ-TI			LEHT: 1	TÄHIS: TA_19/160449 B 01_00_K	




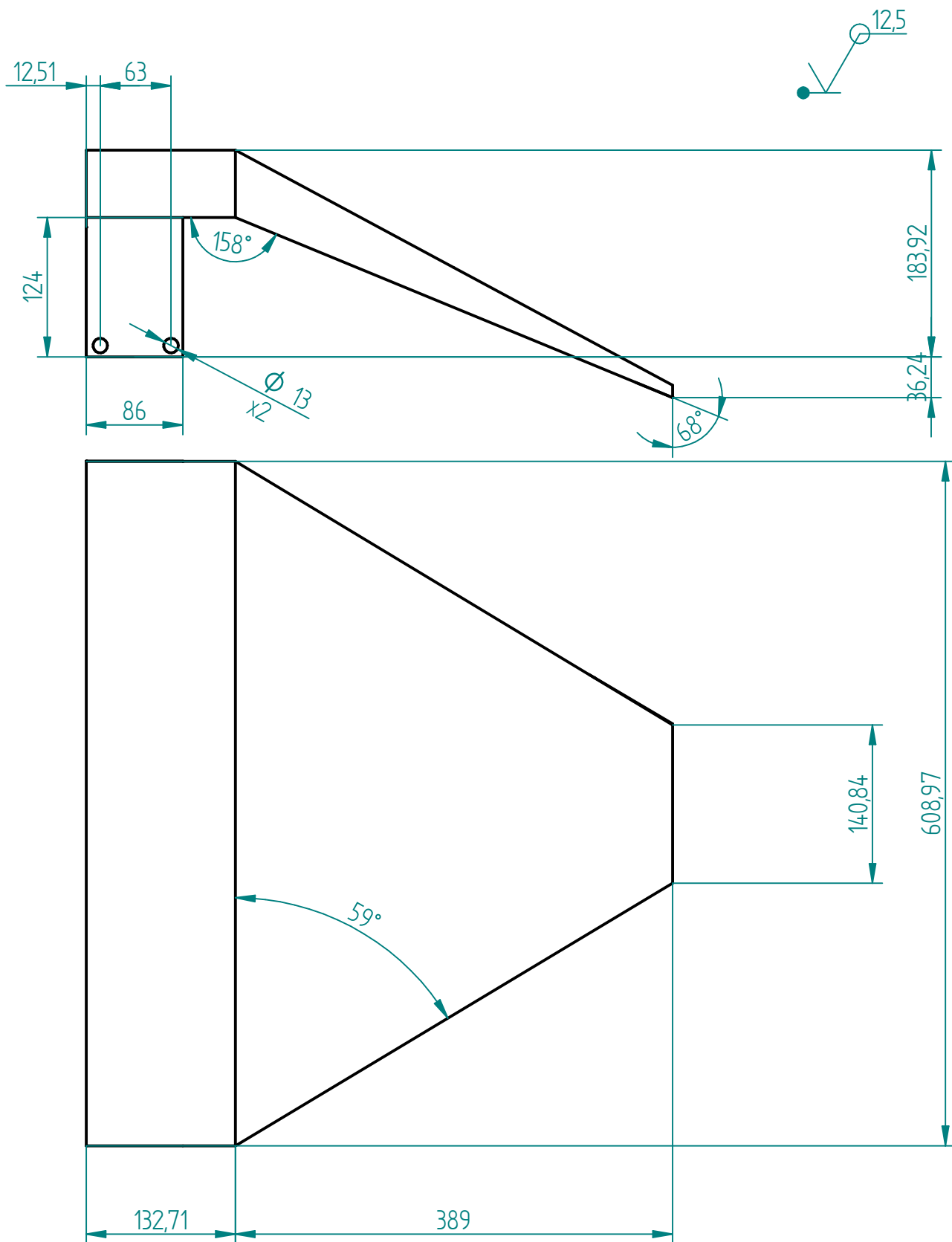
1		OM 636.915	-	1	Standard toode
2		Kardaanühendus sisepõlemismootori ja hüdropumba vahel	TA_19/160449 B 03_00_K	1	
3		Hüdropump Rexroth A7V028EP2	R902253697	1	Standard toode
4		Hüdropumbale kinnitusflants	TA_19/160449 B 02_01_D	1	
5		Kardaanülekande kate	TA 19/160449 B 02_02_D	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		MATERJAL:	NÄITAMATA PIIRHÄLBED: ISO 2768-m-K	MASS:	MÕÖT: 1:10
TEOSTAS:		Raido Raudsepp	NIMETUS: Hüdropumba ühendus sisepõlemismootoriga		
KONTROLLIS:					
KINNITAS:					
EMÜ-TI		LEHT: 2	TÄHIS: TA_19/160449 B 02_00_K		



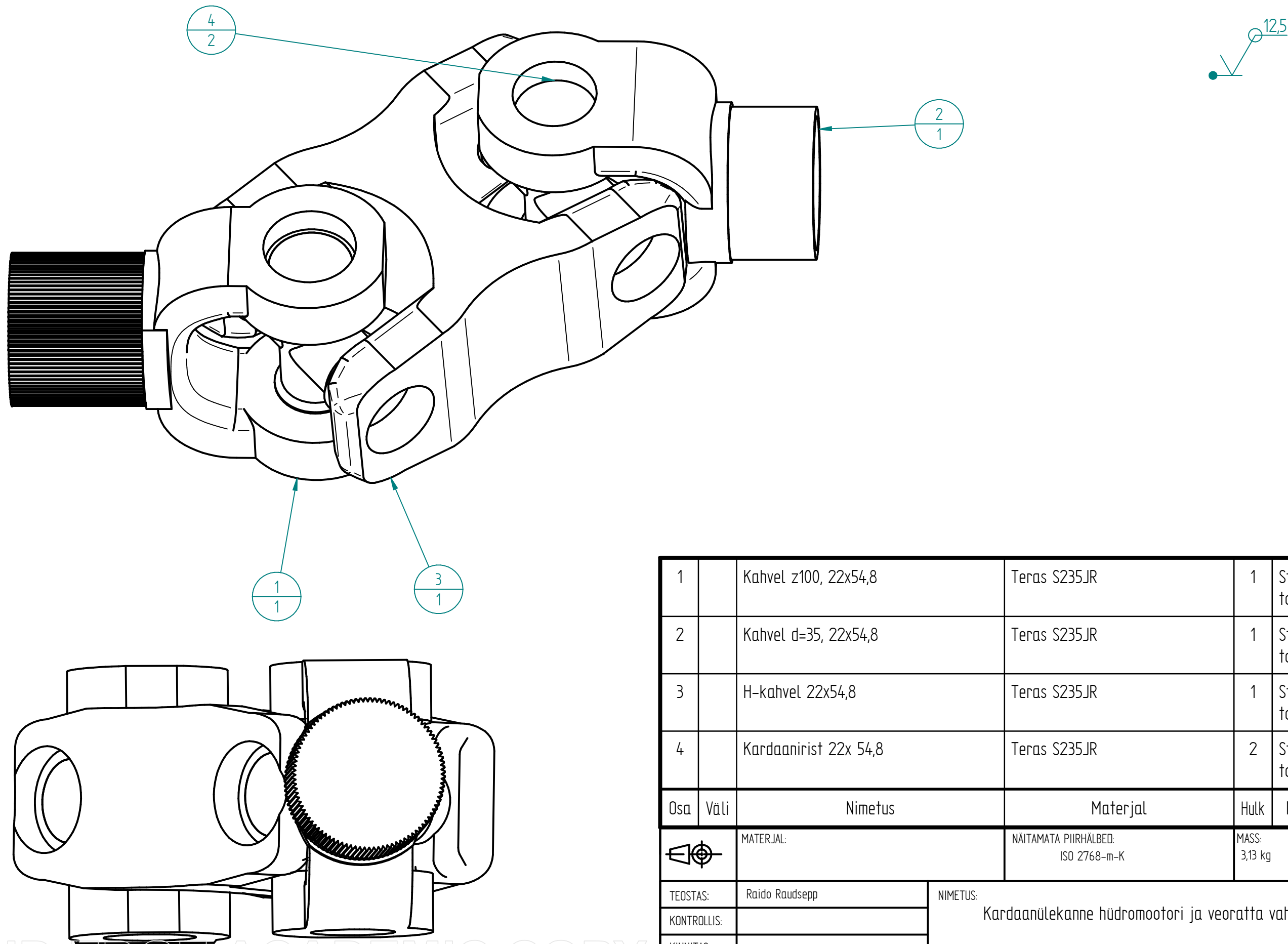
1		H-kahvel 28x72,9	Teras S235JR	1	Standard toode
2		Kardaanirist 28x72,9	Teras S235JR	2	Standard toode
3		Kahvel z6, 28x72,9	Teras S235JR	1	Standard toode
4		Kahvel d=35, 28x72,9	Teras S235JR	1	Standard toode
Osa	Väli	Nimetus	Materjal	Hulk	Märkus
		MATERJAL:	NÄITAMATA PIIRHÄLBED: ISO 2768-m-K	MASS: 3,96 kg	MÕÖT: 12
TEOSTAS:		Raido Raudsepp	NIMETUS: Kardaanühendus sisepõlemismootori ja hüdropumba vahel		
KONTROLLIS:					
KINNITAS:					
EMÜ-TI			LEHT: 3	TÄHIS: TA_19/160449 B 03_00_K	



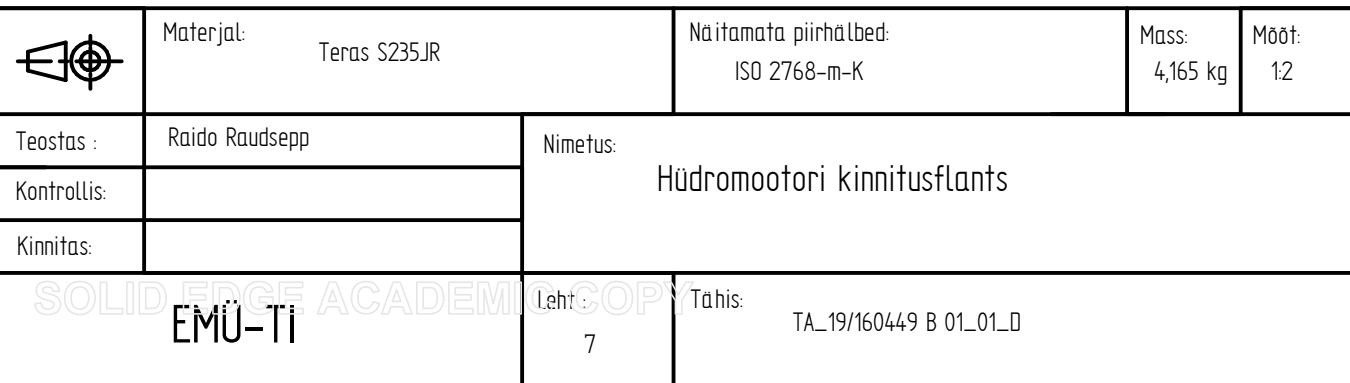
	Materjal: Teras S235JR	Näitamata piirhälbed: ISO 2768-m-K	Mass: 3,04 kg	Moot: 1:2
Teostas :	Raido Raudsepp	Nimetus: Hüdropumba kinnitusflants		
Kontrollis:				
Kinnitas:				
EMÜ-TI		Leht: 4	Tähis: TA_19/160449 02_01_D	



	Materjal: Teras S235	Näitamata piirhälbed: ISO 2768-m-K	Mass: 4,88 kg	Moot: 1:5
Teostas :	Raido Raudsepp	Nimetus: Kardaanutlekande kate		
Kontrollis:				
Kinnitas:				
EMÜ-TI		Leht: 5	Tähis: TA_19/160449 B 02_02_D	



1		Kahvel z100, 22x54,8	Teras S235JR	1	Standard toode
2		Kahvel d=35, 22x54,8	Teras S235JR	1	Standard toode
3		H-kahvel 22x54,8	Teras S235JR	1	Standard toode
4		Kardaanirist 22x 54,8	Teras S235JR	2	Standard toode
Osa	Väli	Nimetus	Materjal	Hulk	Märkus
		MATERJAL:	NÄITAMATA PIIRHÄLBED: ISO 2768-m-K	MASS: 3,13 kg	MÕÖT: 11
TEOSTAS:		Raido Raudsepp	NIMETUS: Kardaanülekanne hüdro mootori ja veoratta vahel		
KONTROLLIS:					
KINNITAS:					
EMÜ-TI		LEHT: 6	TÄHIS: TA_19/160449 B 04_00_K		



**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Raido Raudsepp,
(sünnipäev pp/kuu/aa 39610103519)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
BANDVAGN 206 ALUSRAAMILE HÜDROAJAMI PROJEKT,
mille juhendaja on lektor Marten Madissoo, *PhD*,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 2019

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)